XX WERELD XX
BIBLIOTHEEK
[illegible]

Prof. Dr. HUGO DE VRIES:

HET YELLOWSTONE-PARK

[illegible]

EXPERIMENTEELE EVOLUTIE

UITGEGEVEN VOOR DE
[illegible]
[illegible]
[illegible] AMSTERDAM



HET YELLOWSTONE-PARK

Druk N. V. voorheen Nonhebel & Co. - Hilversum

XXWERELDXX
BIBLIOTHEEK
ONDER·LEIDING·VAN·L·SIMONS

* * PROF. DR. HUGO DE VRIES * *

HET YELLOWSTONE-PARK

(MET VIER ILLUSTRATIES NAAR PHOTO'S VAN
* * DR. E. O. HOVEY TE NEW YORK) * *

EXPERIMENTEELE EVOLUTIE

UITGEGEVEN·VOOR·DE
M[IJ]·VOOR·GOEDE·EN·GOED
KOOPE·LECTUUR·DOOR
G·SCHREUDERS·AMSTERDAM

De Redactie der **WERELD-BIBLIOTHEEK** heeft haar bizonderen dank uit te spreken niet alleen aan den schrijver voor het afstaan van zijn in De Gids en Onze Eeuw verschenen stukken, maar ook aan Dr. E. O. Hovey te New-York, die zoo vriendelijk is geweest een viertal door hemzelf genomen photo's van het Yellowstone-Park ter opluistering van het eerste artikel te zenden.

Voor de correctie en de enkele noten — ter verklaring van Engelsche uitdrukkingen — rust, bij verhindering van den schrijver, de verantwoordelijkheid op de redactie.



E. O. Hovey, Photo.

De Benedenval, Yellowstone-rivier.

I.

HET PARK EN DE WARME BRONNEN.

HET Yellowstone National Park is wellicht de meest merkwaardige plek in Amerika. Het is de hoogste plaats in het Rotsgebergte, de top van de wereld, zooals de Indianen het noemden. Tegelijkertijd is het de plaats, waar de inwendige warmte der aarde het dichtst bij de oppervlakte komt en hare werking het meest doet gevoelen. Weliswaar zijn er thans geen eigenlijke vulkanische uitbarstingen meer, maar in geologisch kort geleden tijden zijn deze hier veelvuldig geweest, en hare producten vormen de grondstof waaruit het landschap is opgebouwd. Thans vertoont zich de macht der centrale hitte in warme bronnen en geysers en al haar talrijke tusschenvormen en verscheidenheden. Nagenoeg het geheele park is als bezaaid met zulke plekken, waar de hitte der diepte een uitweg vindt. Hier en daar zijn de spleten en gaten en bronnen zóó dicht bij elkander opgehoopt, dat zij groote groepen vormen, vele honderden van zulke openingen omvattend. Zij bedekken dan de

geheele oppervlakte van een dal, of de helling van een berg. In het eerste geval spreekt men van geyserbassins; tot het tweede behooren de brullende berg of Roaring mountain, en de travertijn-rotsen van Mammoth Hot Springs.[1])

Even nobel als de natuur, toont zich hier ook de menschelijke geest. Het Amerikaansche volk heeft deze geheele landstreek, meer dan 3000 vierkante mijlen omvattend, gemaakt tot een park, d.w.z. tot een plaats, waar industrie en landbouw buitengesloten zijn, en waar de natuur zooveel mogelijk ongeschonden bewaard moet blijven. De trotsche en zielsverheffende natuurverschijnselen mogen niet aan gewone doeleinden dienstbaar gemaakt worden, de groote bronnen van mechanische kracht, die zij in zich sluiten, mogen niet voor het voordeel van enkelen worden gebruikt. Het park moet ten allen tijde en uitsluitend bestemd blijven ,,for the benefit and the enjoyment of the people" [2]) zooals het eerste artikel van de stichtingswet luidt en zooals het in steenen letters boven de poort aan den ingang bij Gardiner gegrift is.

Voorloopig dient het park nog meer voor ,,the enjoyment" dan wel voor het nut van het volk. Tenminste op den gewonen toer krijgt men niet den indruk, dat het verhevene der natuurverschijnselen de Amerikanen bizonder treft, noch dat zij door de beschouwing dier verschijnselen tot een dieper inzicht in de hoofdlijnen van de geschiedenis dezer aarde trachten door te dringen. Het leven in de fijne hooge lucht en de heerlijke omgeving der dennebosschen is

---

1) Reuzen Warme Bronnen.

2) „Voor het nut en genot van het volk".

hun de hoofdzaak, en daarvan wordt veelvuldig gebruik gemaakt. De gewone toer, die minstens zes dagen duurt, wordt jaarlijks door minstens 10.000 personen van elken leeftijd en van elken rang en stand gemaakt. Daarenboven kampeeren ongetelde aantallen gedurende den zomer overal in de bosschen en trekken met eigen wagens rond. Deels om hun daarbij behulpzaam te zijn en deels met het oog op het brandgevaar, dat zeer groot is, heeft het landsbestuur overal aan de wegen door wegwijzers en borden de goede kampeerplaatsen aangewezen, en op andere schijnbaar geschikte plaatsen verboden tenten op te slaan.

De geysers en de warme bronnen zijn voor de meesten nog slechts curiositeiten, die geen verder belang inboezemen en spoedig eentonig worden; de rotsen treffen hen door hunne steilheid en de grootte der neergestorte blokken, maar op het verschil in bouw wordt weinig gelet. Toch heeft de geheele streek zijn merkwaardigheid voor een groot deel er aan te danken, dat de bergen oude lavastroomen zijn, die over krijtachtige gesteenten heen vloeiden, en dat met de lava andere vulkanische gesteenten afgezet werden. Zoowel in de groote trekken van het landschap als hier en daar in de onbedekte rotsen kan men dit duidelijk zien.

Waarom aan deze landstreek de naam van park gegeven is, is niet duidelijk. Want het is er verre vandaan, dat het op een park zou gelijken, of zelfs dat men zou willen trachten, het allengs in die richting te verbeteren. Integendeel, men wenscht juist de woeste en vrije natuur te bewaren. Zwitserland, met zijn goed verzorgde bosschen, gelijkt veel meer op een park dan Yellowstone, waar de afwezigheid van

de zorgen der menschen juist het beoogde doel is. Ook is de naam park juist niet geschikt om een denkbeeld van de grootte van deze streek te geven. Men reist er zes dagen lang in wagens op goede wegen rond, en kan dan nog maar een zeer klein gedeelte van de geheele uitgestrektheid bezoeken.

Natuurlijk zou een ongerepte toestand het bosch ontoegankelijk maken en het genot er van beperken tot slechts zeer enkelen. Vandaar dat de regeering voor een stel van goede rijwegen gezorgd heeft en dat een vereeniging zich de oprichting en exploitatie van het vereischte aantal hôtels en van de vervoermiddelen tot taak heeft gesteld. Voortdurend worden verbeteringen aangebracht en worden hier nieuwe bruggen gebouwd en ginds de bochten en hellingen der wegen door den aanleg van nieuwe gedeelten vereffend.

Huizen mogen in het park overigens niet gebouwd worden en alleen nabij den heuvel der Mammoth Hot Springs, het hoofdstation van de gewone toeristenreis, en tevens het eerste station dat men met de rijtuigen bereikt, is voor militaire doeleinden een dorp aangelegd. De bezetting bestaat uit twee compagnieën ruiterij, waarvan de manschappen door het geheele park als politie dienst doen, zorgende, dat met vuur voorzichtig worde omgegaan, dat geen overblijfselen van gebruikte maaltijden of van nachtverblijven het park ontsieren en dat aan de gewrochten der natuur geen balddadige handen of geen verzamelaars van curiositeiten afbreuk doen. Om dit laatste doel nog beter te bereiken, zijn in de nabijheid van enkele hôtels kleine winkeltjes opgericht, waar natuurvoorwerpen kunnen worden gekocht. Het is een zeer bekende eigenschap der bronnen, om hetzij kalk, hetzij kiezel af te zetten, en

zoo dus kleine voorwerpen daarin worden gelegd, worden zij allengs met een dun laagje van deze stoffen overtrokken. Takken en naalden van dennen kan men zoo vinden, maar ook kunstmatige voorwerpen worden evenzoo omkorst, en onder deze geven de Amerikanen vooral aan monogrammen de voorkeur. Op deze incrustatie, de wijze waarop zij plaats vindt en het aandeel dat zij aan het ontstaan der heuvels rondom de bronnen in den loop der tijden gehad heeft, kom ik trouwens later uitvoerig terug.

Het klimaat van het park is, zooals men dit van een zoo hoog gelegen landstreek mag verwachten. Gedurende drie vierde gedeelten van het jaar is het diep met sneeuw bedekt en zoo goed als ontoegankelijk, zelfs vinden de herten en antilopen er dan dikwijls slechts met groote moeite hun voedsel. Gedurende de overige drie maanden is het klimaat dat van de hooge alpen, een zuivere frissche lucht en een heldere hemel, afgewisseld met hevige onweersbuien, die naar mijne zeer korte ervaring vooral rondom Mammoth Hot Springs zeer talrijk zijn. Trouwens de bergtop, waar rondom zij zich voornamelijk ontladen, draagt den naam van Electric Peak.[1]) Twee malen ben ik daar omstreeks 24 uren geweest, en in dien tijd heb ik drie zware onweersbuien met plasregens bijgewoond.

De koude en de korte duur van den zomer maken de streek voor landbouw onbruikbaar. Als men er voor de hôtels groenten wil telen, moet dit in kassen gebeuren. Ook het hout is voor het grootste gedeelte als timmerhout ongeschikt. De dennebosschen, die alle hellingen en verreweg het grootste deel der vlakten

---

[1]) Electrische top.

en valleien bedekken, bestaan maar uit één soort van den, den Pinus contorta, var: Murrayana, die hier gewoonlijk black pine genoemd wordt. Deze naam is ontleend aan de zwarte bosschen die hij vormt. Hij heet ook wel lodge pine of pole pine, aanduidende dat men van de stammen huizen kan bouwen zonder ze tot planken te zagen, of dat men de stammen voor telegraafpalen en andere dergelijke doeleinden kan gebruiken. Maar het verdere gebruik beperkt zich tot het nut als brandstof. Daarentegen komen er hier en daar, en vooral in het noordelijk gedeelte, twee soorten van sparren voor, die voor timmerhout geschikt zijn. Het zijn de douglas-spar en de balsam-spar (Pseudotsuga Douglasii en Abies alpina); ik zag ze in de bosschen rondom Mammoth Hot Springs in groot aantal en in prachtige exemplaren, doch elders meest zeer verspreid en zeldzaam. Maar misschien zijn de meeste op de voor toeristen toegankelijke plaatsen reeds weggehaald voor de constructie van de bruggen en de hôtels.

In vroegere tijden was deze ontoegankelijke landstreek zoo goed als onbewoond. De Indianen hadden voor ,,den top der wereld" een diep ontzag en begaven zich in deze streek, waar de natuurverschijnselen hun vrees inboezemden, slechts zeldzaam. Wel zijn door de hoofddalen hun voetpaden gevonden, en volgen de tegenwoordige rijwegen meestal zulke oude ,,Indian Trails", maar het is een bekend feit, dat in de tijden van de eigenlijke ontdekking van het park, nog geen 40 jaar geleden, het zoo goed als onmogelijk was indiaansche gidsen te vinden, die werkelijk overal den weg wisten. En het bleek dat deze gidsen bij het aanschouwen der geysers nog meer verbaasd en

ontdaan waren dan de blanke natuuronderzoekers. Slechts een vreesachtige stam van de Shoshone-Indianen, de schaap-eters of Tukuarika, trok zich hier terug, maar ook zij kenden de geysers niet.

De Indianen gaven aan de geheele streek den naam van de hoofdrivier, die er doorstroomt, en aan deze een naam, ontleend aan de kleur der rotsen in de canyons of ravijnen. Deze kleur is dikwijls helder geel, en uit het gele nu eens in het roode, dan weer in het grijze spelend. In het Grand-Canyon van de Yellowstone-rivier, waar men een uur langs de naakte rotswanden wandelt en de rivier, tusschen de windingen, hier en daar op groote diepte en als zeer in de verte onder zich ziet, is dit kleurenspel bizonder treffend. De indiaansche term voor Rock Yellow rivier is Mitsiadazi, in een der Siouxtalen, en vandaar stammen de tegenwoordige namen van Yellowstone-rivier en Yellowstone-park af.[1])

Het park is geen eigenlijk bergland zooals Zwitserland. Ook mist het de sneeuwbergen. Het is een hoog plateau, doortrokken met lage heuvelen, die meest geheel met bosch bedekt, doch op steile hellingen en langs de doorsnijdingen der beken dikwijls rotsachtig en dan zeer schilderachtig zijn. Slechts hier en daar vindt men enkele hoogere toppen, en onder deze is de Mount Washburn, een halve dag reizen van het Hôtel der Mammoth Hot Springs gelegen, de voornaamste. Rondom is het park door hoogere gebergten omgeven, die ten deele buiten, doch ten deele ook binnen zijne wettelijke grenzen liggen. Deze omgeving geeft overal, waar het uitzicht niet door boomen of

---

[1]) Gele-steen-rivier en -park

heuvelen belemmerd is, iets bizonder aantrekkelijks aan het landschap. Het allerfraaist is dit, als men op het uitgestrekte meer, dat de Yellowstone-rivier ongeveer in het midden van het park vormt, met de boot van de zuidelijke naar de noordwestelijke punt overvaart. Overal achter de groene bergen ziet men dan de kale toppen uitsteken. In het oosten de lange keten der Absaroka-mountains; in het zuiden de dubbele top der Teton-bergen en aan de overige zijden hier en daar lagere gebergten. Het zijn wel geen sneeuwtoppen, maar in de hoogste dalen en ravijnen lagen toch omstreeks half Augustus nog talrijke uitgestrekte sneeuwvelden, langzaam afsmeltend en den oorsprong gevend aan talrijke beken, die bruischend en schuimend door het park trekken, om zich ten slotte grootendeels in de Yellowstone-rivier te vereenigen. Het plateau ligt in het hart van het Rotsgebergte, en wordt als een typisch gedeelte daarvan beschouwd. Het is een streek waar veel regen en veel sneeuw vallen, en vormt daardoor een groene en bloemrijke oase te midden van de dorre wildernissen, de door watergebrek onbebouwbare „semi-arid regions" [1]) van het Westen. Het ligt nagenoeg geheel in den staat Wyoming, met een paar smalle grensstrooken, die in Montana en in Idaho vallen. Trouwens het eerste wat de aandacht der toeristen na het binnenrijden door de ingangspoort treft is, omstreeks een half uur verder, de grenspaal, die aanwijst waar men uit het gebied van Montana in dat van Wyoming overgaat.

De plantengroei van de omgevende woestijnen zet zich voor een deel op de hellingen van het park voort,

---

[1]) Half-droge streken.

waar deze van bosch ontbloot zijn. Zij vertoonen dan de eigenaardige grijsgrauwe kleur, die in zoo hooge mate tot het onaantrekkelijk karakter der wildernissen bijdraagt. Overal groeien de lage heestertjes van de Sage-brush (Salieplant: Artemisia tridentata e.a. soorten), die uiterst algemeene, zonderlinge en nuttelooze plant, zooals zij zoo gaarne genoemd wordt. Elk grijs bundeltje staat afzonderlijk, en uit de verte gezien heeft een vlakte of een helling daardoor een gevlekt aanzien. Dit is zóó kenmerkend, dat men zelfs op groote afstanden den Sage-brush gemakkelijk herkennen kan. Onwillekeurig rijst de vraag of die Sage-brush en de andere woestijnplanten die met haar samengaan, oorspronkelijk uit de woestijn naar het park, of uit de bosschen van het park naar de woestijn gegaan is. Maar op de bespreking van die vraag, die met tal van punten omtrent de verspreiding der planten en haar gemeenschappelijke afstamming samenhangt, mag ik hier niet ingaan.

Op den bezoeker maakt de oase den indruk van een toevluchtsoord voor planten en dieren. Daar vinden vele, en daaronder de fraaiste en belangrijkste, wat hun elders ontzegd wordt. Over de planten zal ik later het een en ander mededeelen, maar het zal vermoedelijk velen mijner lezers belang inboezemen hier het een en ander omtrent de grootere dieren te vernemen. Daarbij moet men echter een onderscheid maken tusschen de opgaven in de gewone gidsboeken voor het park, en dat, wat de toerist werkelijk te zien krijgt. Onder de groote soorten verdienen vooral de bisons genoemd te worden, daar zij alleen hier nog werkelijk in het wild voorkomen. Evenals elders, zijn zij door hun woeste en weinig slimme natuur tot

uitsterven veroordeeld, en het landsbestuur is op maatregelen bedacht om ze, door middel van omheiningen, des winters te dwingen op plaatsen te blijven, waar de sneeuw niet zoo diep ligt, en het gras dus voor hen bereikbaar is. Ook heeft men op het Dot-island in het Yellowstone-meer een troepje bisons ingevoerd met het doel om deze later, na genoegzame harding en vermenigvuldiging, des zomers vrij in de bosschen te laten zwerven. Behalve dit troepje, dat tijdens mijn bezoek uit een familie van een zestal exemplaren bestond, ziet de toerist natuurlijk geen bisons. En hetzelfde is het geval met de „elk" of eland, waarvan ik ook slechts het half dozijn exemplaren in het park op Dot-island zag. Men ziet de bisons en de elanden hier juist even goed en even natuurlijk als in den dierentuin te Amsterdam — afgezien van de omgeving.

Volgens Chittenden's uitvoerig handboek over het park, dat in de meeste hôtels te koop aangeboden wordt, zijn bevers overvloedig in al de stroomen en zijn de door hen uitgevoerde bouwkundige werken overal te zien. Feitelijk wijst de gids u op den geheelen tocht op éëne plaats, die dan ook „beaver-lake" [1]) heet, twee beverwoningen en een langen dam, die zigzagsgewijze dwars door den tot een meertje verbreeden stroom heen gebouwd is. Maar de dam is 16 jaren oud, en of de woningen nog bewoond zijn, wist niemand ons te vertellen.

Omstreeks het jaar 1830 zijn de bevers, die vroeger zeer talrijk waren, in deze en de aangrenzende streken nagenoeg uitgeroeid. Het was in den tijd van de

---

[1]) Bever-meer.

oprichting en de krachtigste werkzaamheid der bontmaatschappijen, die in scherpe rivaliteit alle bevers lieten vangen, die slechts te bemachtigen waren. Moge hierdoor ook al een der meest belangwekkende trekken van het landschap naar het schijnt voor goed verloren zijn, zoo moet men aan de andere zijde niet vergeten, dat de eigenlijke ontdekking van de wonderen der streek het gevolg is geweest van de onvermoeide en niets-ontziende tochten der beverjagers. Het was de eerste ontdekking van geysers en warme bronnen, van Canyons en landschapsschoonheden, die in Amerika bekend werd. Opgesierd met de verhalen die een rijke verbeelding en een onnauwkeurig geheugen rondom deze wonderen deden ontstaan, vonden de mededeelingen geen geloof. Toch waren zij de eerste bron van de kennis en de prikkel die tot latere, meer op onderzoek gerichte tochten en ten slotte tot de reserveering van het terrein als park aanleiding gaf.

Een enkel verhaal moge een denkbeeld van deze overdrijving geven. Het is de eerste beschrijving van rotsen van vulcanisch glas, en wel van de rots,die thans Obsidiaan-cliff heet. Dit gesteente glinstert als glas, maar is gitzwart en ondoorzichtig. Een beverjager bevond zich in de nabijheid, maar zag de rots van glas niet. Daarentegen zag hij een hert, en schoot er op. Zeker van zijn schot, was hij ten hoogste verbaasd dat het hert kalm bleef grazen, en het schot niet eens scheen gemerkt te hebben. Hij schoot nog een paar malen, doch met hetzelfde gevolg. Toen wilde hij dichter bij gaan, maar stuitte tegen een glazen rotswand, waarachter het hert volkomen veilig was en waarop zijn kogels waren afgestuit.

Natuurlijk vond dit verhaal geen geloof, ofschoon

de Amerikanen anders lichtgeloovig genoeg zijn. Zoo vond een bewering dat het obsidiaan, omdat het zoo zwart is als steenkool, ook even goed moet branden, bij mijne reisgenooten vrij algemeenen bijval en werd ten minste niet tegengesproken, totdat een ander lid van het gezelschap verklaarde dat het woord obsidiaan toch een andere klank had dan steenkool en dus ook wel wat anders beteekenen zou.

Van groote dieren ziet de toerist alleen de beren en de herten. De herten trekken in kudden rond, evenals in vele europeesche bosschen. Menigmaal zag ik ze, nu eens enkele, dan weer meer. De beren daarentegen worden u op eigenaardige wijze vertoond. Bij elk hôtel, behalve bij dat van Mammoth Hot Springs, is daartoe een bepaalde plaats bestemd, nu eens een klein dal, dan weer een open plek in een bosch. Hier worden al de geledigde blikjes en al de overige afval van het hôtel gebracht, en de beren komen des avonds zoeken, of daarin nog eenige lekkernij voor hen te vinden is. Op behoorlijken, maar vrij kleinen afstand is een ijzerdraad gespannen, en daarachter staan banken voor de toeristen om te zitten kijken. Schuw en bang komen de beren, omstreeks zeven of acht uur des avonds, een voor een uit het bosch te voorschijn, gaan op hun achterpooten staan en kijken overal rond of alles veilig is. Treft men luidruchtige reisgenooten, dan krijgt men niet veel te zien, daar de beren weldra omkeeren en naar het bosch teruggaan. Zochten zij de blikjes door, en vonden zij wat hun beviel, dan verkondigden zij dit door een luid gebrul; een zag ik er met een groot stuk in den bek snel den heuvel oploopen en in het bosch verdwijnen. Een ander klauterde in een boom en genoot daar klaarblijkelijk

nog eens van het gevondene. Een moeder kwam met haar jong, beide gingen op de achterpooten staan om rond te kijken, en het was grappig om te zien hoe het jong de moeder in alles nadeed. Wel driemaal vonden zij het onveilig en gingen naar het bosch terug, eindelijk verstoutten zij zich en gingen eerst behoedzaam, daarna snel, den heuvel af naar de blikjes. Een oudere beer, die daar bezig was, misschien wel de vader, maakte toen voor hen plaats en ging om den hoop rondwandelen. Zoo kan men, na het middagmaal gebruikt te hebben, de levenswijze der beren, alhoewel onder zeer eigenaardige omstandigheden, uitvoerig gadeslaan. Maar hoewel ik een paar wandelingen door de bosschen gemaakt heb, ben ik er daar natuurlijk geen tegengekomen.

Een enkele slang heb ik gezien en hier en daar op de rotsen een woodchuck, ook wel groundhog genoemd, een dier als een wombat, kruipende in of uit zijn hol. Algemeen zijn eigenlijk alleen eekhoorntjes, zoowel de bruine soort die op de boomen leeft, als de grijze, die met vier overlangsche zwarte strepen over kop en rug versierd is, als gevolg zegt men van de vier vingers van een godheid, die eenmaal trachtte dit onrustige dier tot rust te brengen. Maar het is nog altijd even onrustig en snelt over en langs de wegen. Ik zag ze in groot aantal, op één dag zelfs bijna honderd. Zij zijn door de wet volkomen beschermd en dus volstrekt niet vreesachtig, en ik kon ze herhaaldelijk van vlak nabij gadeslaan. Nieuwsgierig zitten zij, rechtop, aan den weg naar de voorbijgaande rijtuigen te kijken, met een pakje wortels of vruchten in hun voorpooten. Dikwijls ziet men ze hun holen in den grond opzoeken en daarin verdwijnen. Dicht naast mij, in het bosch

bij Mammoth Hot Springs, zat een roode eekhoorn te knagen aan een groenen dennekegel, een vrij grooten van den Pinus flexilis, zoo groot ongeveer als die van onze zeedennen, maar niet zoo hard. Soms sprong hij op, met den kegel in zijn handen, ging dan weer zitten, en het was aardig om te zien hoe hij den kegel ronddraaide om de zaden te vinden. Eindelijk sprong hij op een tak en verdween, met groote sprongen van boom tot boom overwippende.

Over leeuwen en andere verscheurende dieren, die de gidsboeken u opnoemen, zal ik maar niet spreken; die leven in de ontoegankelijke gedeelten der hoogere bergen, en men ziet ze natuurlijk nooit. Van visschen wekken alleen de trouts of forellen groote belangstelling, daar men ze in het heldere water der stroomen, — en op tafel — bijna elken dag zien kan. Het visschen is geoorloofd en behoort tot de voornaamste genoegens van het leven in het park.

Een punt van belangstelling, dat echter op de kaart beter zichtbaar is dan in de werkelijkheid, is de „Continental divide". Dit is de lijn die men trekken kan tusschen de oorsprongsplaatsen van alle beken, wier water naar den Atlantischen Oceaan vloeit en van al die, welke naar den Pacific Oceaan uitwateren. De gewone toeristentocht ligt op het atlantische gedeelte van het gebergte, met uitzondering van een paar uren, die men aan de andere zijde rijdt. Men ziet dan de bergen naar het westen afhellen en in de verte het Shoshone-meer, waarvan het water, door bergstroomen omlaaggevoerd, naar de Columbia-rivier gaat, om door Oregon en langs Portland in zee te vloeien. Een paar naamborden wijzen de punten aan, waar men de scheidingslijn overgaat. Op een dezer beide punten ligt

in de pas een groote plas, vol met gele waterplompen, en omlijnd door biezen en bloembiezen, als een hollandsch moerasje. Het water van deze plas weet niet, of het door de Columbia-rivier naar den Pacific-Oceaan, of door de Yellowstone en de Missouri naar de Atlantische zee zal gaan. Een moeilijke twijfel, want een kleine windstoot kan het water nu eens naar de eene zijde, dan weer naar de andere in de beek drijven en zóó de beslissing geven.

Trouwens, in den loop der eeuwen kunnen ook groote meren in dit opzicht van meening veranderen. Het Yellowstone-meer, dat voor menig ander beroemd meer in grootte niet behoeft onder te doen, is daarvan een voorbeeld. In langvervlogen voorhistorische tijden liet het zijn water naar de Stille Zuidzee afvloeien. Maar in en na den ijstijd heeft het zich een uitweg naar het oosten gemaakt, den Grand Canyon als een diepe en enge sleuf in de rotsen ingravende. Het bereikte daardoor een nieuwen en tevens een beteren waterweg en kan sedert zooveel meer water afvoeren, dat zijn waterspiegel verscheiden tientallen van meters gedaald is. De vroegere „outlet" naar de Snake-rivier aan de westzijde is thans dus een vrij hooge, hoewel vlakke pas geworden.

Een juist begrip van de bergen en van de vulkanische werkingen in het park moet natuurlijk uitgaan van de geologische gesteldheid. [1]) Een zeer eenvoudig overzicht mag hier echter daartoe voldoende geacht

---

1) Behalve de gidsen, door de Northern Pacific- en de Union Pacific-Spoorwegmaatschappijen in den vorm van hunne time-tables of folders uitgegeven, wordt door de toeristen gewoonlijk Haynes Guide to the Yellowstone-park gebruikt. Dit is een boekje in zak-formaat. Voor

worden. Het kan zich beperken tot den tijd, waarin de voornaamste uitstortingen van lava over het tegenwoordige park plaats vonden. In de krijt-periode was het park nog een gedeelte van de zee, die toen uitgestrekte streken van Amerika bedekte. Het was echter reeds omgeven door rotsen en gebergten en vormde waarschijnlijk een soort van golf, of een deel van een archipel van kleine eilanden. Door de werkzaamheid van koralen en andere diersoorten werden op den bodem dier zee kalkmassa's afgezet, die in den loop der tijden tot aanzienlijke lagen aangroeiden. Allengs werd echter, over de lijn die thans de kam van het Rotsgebergte is, de korst der aarde in verhouding tot de zee opgeheven, en omstreeks het einde der krijtperiode ging het park van zee over tot land. Dit leidt men daaruit af, dat na de kalk- of krijtlagen geen omvangrijke afzettingen meer hebben plaats gevonden.

Lagen van kleinen omvang, in kleine zeeboezems of in meren gevormd, zijn gedurende den geheelen tertiairen tijd hier en daar afgezet, doch zij zijn voor ons tegenwoordig doel van geen beteekenis. Veel belangrijker is, dat gedurende al dien tijd het park de zetel van een vrij groot aantal vulkanen geweest is, die allengs het grootste gedeelte van de landstreek met lava en vulkanische asch bedekt

---

een grondiger studie van wat men op de reis zien kan wordt vooral gebruikt *Chittenden,* The Yellowstone National Park, historical and descriptive 1903. Voor een meer wetenschappelijke studie worden de verhandelingen van Weed, Davis (Science July 1897), Tilden (Botan. Gazette, Sept. 1897), Harshberger (Am. J. A. Pharmacy, Dec. 1897), Setchell (over de wieren in de warme bronnen) e. a. aanbevolen.

hebben. Een dier kraters was de Mount Washburn, en deze vertoont op zijn top nog de ronde holte van den vroegeren kratermond. Thans echter is hij sinds lang uitgedoofd, evenals alle andere vulkanen van deze streek, en is de kratermonding met dennenbosschen dicht begroeid. De lava-stroomen vloeiden van uit die kraters in alle richtingen over het land; nu eens bleven zij afzonderlijk en vormden dan eigen bergruggen, dan weer vloeiden zij ineen, zoodat plateau's met talrijke uitloopers ontstonden. De meeste tegenwoordige heuvels zijn zulke oude lava-stroomen, terwijl de hoogere toppen waarschijnlijk de plaatsen der oude kraters aanduiden. De lava en de vulkanische asch, tot rotsen en gebergten vervormd, bedekt thans nagenoeg de geheele vlakte, en slechts hier en daar komen de oude lagen voor den dag.

Over het algemeen is de lava een zacht gesteente, dat bij het verkoelen sterk gebarsten is en gemakkelijk verweert. Voeren de bergstroomen de verweerde deelen spoedig weg, zoo blijven de rotsen naakt en vertoonen, door de talrijke kloven en de dikwijls op ruïnen gelijkende toppen, bizonder fraaie en afwisselende vormen. Soms niet veel hooger dan de naburige dennenboomen nemen deze rotsen in andere dalen zeer indrukwekkende afmetingen aan. Alle overgangen tusschen gewone lava en glasachtige lava of obsidiaan zijn voorhanden, en hier en daar vindt men ook basalt-formaties. De basalt, die meest zeer regelmatig tot zeszijdige zuilen gebarsten is, levert een uitmuntende bouwsteen, en de poort aan den noordelijken ingang bij Gardiner is dan ook geheel uit deze steen opgetrokken.

De lava levert natuurlijk het gesteente, waarvan de

groote wegen worden gemaakt. Vooral de glasachtige soorten zijn daarvoor geschikt, daar zij harder zijn en minder snel tot stof vergaan. Om de blokken tot gruis te verwerken moet men hier echter een zeer bizonder middel gebruiken. De blokken worden in een vuur van dennenhout verhit en dan plotseling met koud water overgoten. Zij barsten dan juist in gruis van de gewenschte korrelgrootte uiteen. De zachtheid van de lava maakt echter, dat de wegen snel slijten en zeer stoffig zijn. Om aan dit bezwaar tegemoet te komen laat de regeering de wegen, overal waar voldoende water aanwezig is, regelmatig besproeien. Meest wordt het water van een hoogere berghelling in een pijp geleid, die eindigt boven de plaats waar een waterwagen gevuld moet worden. Zulke standpijpen ziet men in de bergstreken zeer veelvuldig. Is er geen berg dicht genoeg bij den weg, zoo moet het uit de beken worden opgepompt. De groote zorg, die hieraan besteed wordt, draagt zeer veel er toe bij om het rijden in een reeks van rijtuigen aangenamer te maken.

Hoe de verkoelde lavastroomen op de krijt-lagen liggen, kan men dikwijls zien, als men de hellingen der grootere heuvels beschouwt. De hoogere heuvels zijn namelijk wel niet hooger dan de andere, maar het dal aan hun voet is door den bergstroom dieper uitgegraven. Van dit uitgraven kan men, op verschillende plaatsen, bijna alle stadiën zien. Is nu het dal zoo diep uitgegraven, dat de krijtlaag niet alleen bereikt is, maar dat daarenboven de kloof in deze indringt, en is dan de rots steil genoeg om niet door verweerden grond bedekt te zijn, zoo ziet men natuurlijk de lava op het krijt rusten. Sommige dalen zijn in het krijt zoo diep uitgehold, dat de bergen ter

weerszijden geheel uit grijs-witte krijt-lagen schijnen te bestaan, slechts aan hun top door de roodbruine lava-massa's gekroond.

Het is natuurlijk niet gemakkelijk om op zulk een tocht te zien, hoe de rivieren werken en hoe de dalen ontstaan. In den zomer is alles rustig en kalm, en zelfs de watervallen schijnen geen verandering in hun omgeving te brengen. Het eigenlijke werk geschiedt in den winter en vooral in het voorjaar, als de sneeuw, die het geheele park bedekt, snel begint te smelten en de beken dus tijdelijk zeer groote hoeveelheden water afvoeren. Niets is dan tegen hun geweld bestand, en rots voor rots wordt ondergraven en gebroken en ten val gebracht. Het eene jaar hier, het andere jaar daar verandert het landschap. De kleinere trekken verdwijnen, en slechts de hoofdlijnen blijven dezelfde, tot ook hare beurt zal komen om voor de macht van het water onder te doen. Maar de reiziger ziet van dit alles niets; hij kan niet onderscheiden of een naakte rotsvlakte jong of oud is, en of een rots vroeger hooger was dan nu, of door andere vormen gekroond. Toch zijn er verschijnselen, waaruit men kan afleiden wat er 's winters gebeurt. Dit zijn vooral oude wegen, die voor een zeker aantal jaren door geen nieuwen weg vervangen en sedert niet meer verzorgd zijn. Zulk een weg is o.a. die in de klove tusschen Livingston en Gardiner, kort vóór dat men het laatstgenoemde dorp bereikt. Dit Canyon voert den naam van Yankee Jim, en jaren voordat de spoorweg door dit enge dal gemaakt werd had James George hier een wagenweg aangelegd, die nagenoeg de eenige toegang tot het latere park was. Hij had het recht om op dien weg tol te heffen en genoot daarvan langen

tijd een niet onbelangrijk inkomen. Eenige jaren geleden is echter de spoorweg, die toen slechts tot Cinnabar liep, door dit Canyon doorgetrokken tot aan Gardiner, d.w.z. tot aan den ingang van het park zelf. Verder kon hij niet gaan, daar de bepalingen omtrent de strekking en het onderhoud van het park den aanleg van spoorwegen daarin verbieden. Vroeger moest dus ieder, die te Cinnabar uitstapte, langs den weg van Yankee Jim naar Gardiner rijden; nu spoort men eenvoudig door. De weg is dus in onbruik geraakt, en het onderhoud niet meer waard. Maar van den trein uit kan men zien, wat in die enkele jaren gebeuren kon. Op talrijke plaatsen toch is de weg onder rotsstortingen bedolven, soms over een lengte van honderden meters. Geweldige aardmassa's en groote rotsblokken moeten in die weinige winters omlaag gekomen zijn, nieuwe hellingen vormend, en nieuwe rotswanden onthullend. Soms ligt de massa huizenhoog op den weg, en strekt zij zich tot in de rivier uit.

Het neerstorten van zulke rotsmassa's is ten deele het gevolg van het afknagen van den voet door de bergstroomen. Maar deze alleen zouden niet zoo spoedig zulke groote hoeveelheden kunnen afbreken. Zij worden geholpen door het ijs. Overal is het inwendige der rotsen gebarsten, en in deze barsten dringt het water door, na als regen op het oppervlak gevallen en korter of langer tijd in de bovenste lagen vastgehouden geweest te zijn. In het najaar wordt het zoo koud, dat het water in deze spleten bevriest. Nu echter weet men, dat water bij het bevriezen met geweldige kracht uitzet. De barst wordt dan daardoor een weinig verwijd. Is dit juist zooveel, dat de steen-

massa aan de vrije zijde daardoor losraakt, dan valt zij nog niet, want het ijs werkt ook als plakmiddel. Maar als dan in het voorjaar het ijs ontdooit, houdt het verband op, en de geheele steenmassa valt omlaag. Het is trouwens hetzelfde spel, dat zich in alle rotsachtige streken herhaalt, en waarvan men de verwoestende gevolgen ook in Zwitserland niet zelden waarnemen kan.

De Canyons zijn in het algemeen kloven, die door de bergstroomen met behulp van dit proces in de gesteenten zijn uitgegraven. Het ijs werpt de rotsblokken omlaag, het water vervoert het gruis, en slijt de te groote blokken allengs af. Maar grootere en kleinere blokken, zoo groot als een kamer en meer, ziet men bijna overal in de rivieren liggen, soms zeer sierlijk met struikgewas begroeid. Langzaam wordt het dal dieper en breeder. Is het gesteente zacht, zooals in het Grand Canyon, dan wordt de kloof van boven betrekkelijk sterk verwijd; is het echter harder, zooals in de oude lava-stroomen en vooral in de basalt, dan is het dal dikwijls huizenhoog niet veel breeder dan waar de rivier er in stroomt. In deze twee gevallen ontstaan geheel verschillende landschappen, maar zoowel het eene als het andere oefenen op den bezoeker een onweerstaanbare aantrekkingskracht uit.

De kraters zijn uitgedoofd en de lava-stroomen verkoeld, en alleen de geysers en warme bronnen getuigen er nog van, dat de onderaardsche warmte hier dichter bij de oppervlakte komt, dan op de meeste overige plaatsen dezer wereld. Maar die uitdooving zelve is reeds van ouden datum. Na haar heeft hier, evenals elders, die bekende periode van koude geheerscht, waarin de gletschers geheele landstreken

bedekten, en de hoofdrol in de geologische veranderingen van het aardoppervlak speelden. Voordat ik echter over deze ijsperiode spreek, is het misschien goed een vraag te vermelden, die de reiziger zich onwillekeurig stelt, en die vrij rechtstreeks tot een juiste voorstelling geleidt.

Het Grand Canyon aan de Yellowstone-rivier, dat ik reeds eenige malen genoemd heb, is een klove van onovertrefbare schoonheid in vormen en kleuren, door de rivier in de vulcanische lagen gegraven. Het strekt zich over een twintigtal mijlen uit, en is op het schoonste gedeelte omstreeks 400 Meter diep. Het is een kloof in een uitgestrekt plateau, en een voortreffelijke rijweg voert op dit plateau langs den rand van den afgrond, terwijl in de diepte, waar de rivier bruist, het dal meest zoo eng is, dat er zelfs voor geen boom plaats is. Boven op dit plateau nu ligt, juist bij het meest imposante gedeelte van het Canyon, een eenzaam rotsblok, verscholen in het dennenbosch, half zoo hoog als de boomen. Maar het is thans een bekende curiositeit geworden, en de weg naar Inspiration-point voert er vlak langs. Gaat men even van den weg af om het nader te beschouwen, dan wordt men terstond getroffen door twee feiten. Ten eerste ligt het klaarblijkelijk los op den grond, zonder eenig verband met de onderliggende rotsen. Ten tweede echter bestaat het uit graniet, en geenszins uit vulkanische steen, zooals de geheele streek in de rondte. Het heeft een fraaie en gemakkelijk te herkennen granietstruktuur, die vooral daar goed te zien is, waar door het afvallen van kleine stukken, een gave breukvlakte aan den dag is gekomen.

Van waar komt dit blok? Het ligt honderden meters

boven de rivier, en is ook vele malen te groot en te zwaar om zelfs door den machtigsten stroom te kunnen worden vervoerd. Van waar komt het? Het moet natuurlijk eenmaal afgebroken zijn van een naburigen granietberg, en hierheen gebracht. Maar in den omtrek komen wel enkele hooge bergen voor, zooals Mount Washburn, maar die zijn uitgedoofde kraters en bestaan niet uit graniet.

Uit graniet bestaan echter de Absaroka-gebergten, die ik ook reeds genoemd heb, en die op de oostelijke grenzen van het park gelegen zijn. Van uit het park ziet men ze, als het uitzicht vrij is, als een hooge keten van toppen, hier en daar op de hellingen met sneeuwvelden bedekt, op grooten afstand. Evenzoo vindt men hier en daar aan de andere zijden op en over de grenzen van het park granietgebergten. Maar dichterbij vindt men ze niet. Daaruit volgt dus met volkomen zekerheid de conclusie, dat dit blok van een der omliggende bergen, en wellicht juist van de Absaroka's, hierheen is gekomen.

Zoo dit feit alleen stond, zou het natuurlijk moeilijk te gelooven zijn. Men zou zich niet goed een voorstelling van zulk een werking kunnen maken. Maar het staat volstrekt niet alleen. Zoodra men toch het park bij Gardiner binnen komt, rijdt men door een vallei, die met grootere en kleinere granietblokken als bezaaid is. Overal waar de weg in de heuvelhellingen is ingegraven, ziet men links en rechts dergelijke steenen in den grond. De geheele bodem bestaat hier uit een laag van granietsteenen, waarvan de tusschenruimten eenvoudig met verweerd graniet zijn aangevuld.

Het vervoer van graniet heeft dus op zeer groote schaal plaats gevonden, en ging gepaard met een

zeer aanzienlijke verweering van dit gesteente. Trouwens bijna in alle dalen van het park vindt men zulke blokken en zulke lagen, ofschoon natuurlijk geen van alle de afmetingen van dat beroemde blok bij Inspiration-point ook maar nabij komt. Er moet dus een werking geweest zijn, die in staat was bergen te splijten en den afval van alle kanten naar het park en over het park heen te vervoeren. Dat vervoer geschiedde in de richting waarin thans de beken en stroomen zich bewegen, en zich ten slotte alle te zamen vereenigd in Yellowstone-rivier, bij Gardiner uit het park naar het Noorden begeven. Want ook de vallei van deze rivier, tot voorbij Livingston, vertoont overal deze zelfde erratische [1]) gesteenten.

Om dit alles te verklaren, en in verband met hetgeen men omtrent de ijsperiode uit andere streken en landen weet, stelt men zich voor, dat in een tijd, toen het Grand Canyon nog niet bestond, en het plateau hier dus nog onafgebroken was, één enkele groote gletscher het geheele park bedekte. Ontstaande in de kloven en op de hellingen van alle omliggende bergen, bewoog zich dit ijs als een taaie maar buigzame massa over het park heen, en drong het door het enge Canyon van Yankee Jim in de vlakte van Cinnabar en Livingston. Waar het op de bergen langs de rotsen gleed, brokkelde het deze af, en beladen met de producten schoof het noordwaarts. Nu eens zullen de blokken bij dien val vergruizeld zijn, dan weer zal hetzelfde lot hen getroffen hebben, als zij ten slotte van het ijs afvielen, maar enkele blokken kunnen natuurlijk aan dit lot ontkomen zijn. Zulk een blok zou dan dat van

---

[1]) Verdwaalde.

„Inspiration-Point" zijn. En thans ligt het daar, om te getuigen van wat in lang vervlogen tijden, wellicht vóór er menschen in Amerika woonden, door de grootsche machten der natuur gewrocht is.

Maar hoe verleidelijk het ook zij, ik mag hier niet over de ijsperiode uitweiden. Reeds lang genoeg heb ik mij met de geologische gesteldheid beziggehouden, en wil daarom hier de beschrijving en verklaring van wat ik gezien heb, eindigen om nog een enkel feit te vermelden, dat gebrek aan tijd mij belette te gaan aanschouwen. Maar het is te merkwaardig om het geheel onaangeroerd te laten.

Op een plaats, genaamd Fossil Forests[1]), doch niet aan de gewone touristen-route gelegen, heeft de rivier Lamar een diepe en enge spleet in den rotsachtigen grond gegraven. Daardoor zijn de boven elkander liggende lagen van deze rotsmassa plaatselijk zichtbaar geworden, en zij zijn het die de fossiele bosschen vertoonen. Stelt u voor, dat oudtijds een groot dennenbosch hier de vlakte bedekte, en dat dit plotseling door een lavastroom of door vulkanische asch bedolven werd. De stammen werden verkoold, doch konden door gebrek aan lucht niet verbranden. Eenmaal bedekt werden zij langzamerhand fossiel door het water dat het afgekoelde gesteente eeuwen lang doorsiepelde, en dat uit de steenmassa kiezelzuur oploste om dit weer in de stammen af te zetten. Van betrekkelijk zacht hout gingen zij in een glanzige steenmassa over, zoo hard als het beste vulcanische glas. Ondertusschen verweerden de bovenste lagen van de lava en vormden een grond, geschikt voor plantengroei.

[1]) Bosch-der-Versteeningen.

Een nieuw bosch ontstond boven op het oude, maar vroeg of laat zou ook dit weer door lava bedekt en versteend worden. Zoo ziet men hier in den vertikalen rotswand een aantal bosschen uit verschillende perioden boven elkander staan, gescheiden door lagen van verharde asch. Hier en daar zijn de stammen zeer goed bewaard gebleven. De stammen en de wortels ziet men van verre, van meer nabij onderscheidt men het hout en de schors; maar ook takken en dennennaalden, ja zelfs de gaten, die door rupsen in het hout geknaagd waren, kan men herkennen. Men kan de jaarringen tellen en vindt dan voor de dikste boomen een ouderdom van somwijlen 500 jaren, bij een diameter van 3 meter en meer. Op ééne plaats ziet men op den rotswand een grooten stam, die vóór de algemeene verwoesting omgevallen was, in horizontale richting tusschen de stompen liggen. Men heeft de opeenvolgende boschformaties geteld, en de ervaringen aan verschillende gedeelten vereenigend, is men tot de uitkomst geraakt dat ten minste negen- en waarschijnlijk twaalfmaal zulke bosschen bedolven en door nieuwe vervangen geworden zijn.

Keeren wij echter terug tot het thans levende bosch, dat meer dan drievierde gedeelte van het park bedekt en nagenoeg overal, zoowel op de hellingen der bergen als op de vlakten, gezien wordt. Wat mij in dit bosch het meest trof, was de omstandigheid dat de grond overal bezaaid is met doode stammen en dat ook tusschen de levende boomen de doode nog staan blijven totdat zij omvallen. Soms ziet men de doode stammen bij honderden boven de toppen der levende uitsteken. In vergelijking met de dennenbosschen in Europa en met name in de Zwitsersche Alpen maken

deze tallooze meest sterk gebleekte, soms bijna geheel vermolmde stammen een eigenaardigen indruk. Zonder twijfel behoort ook de dood tot de natuur, en is het sterven van boomen een zeer natuurlijk verschijnsel, een normaal bestanddeel van het wezen van een bosch. Toch is er iets weemoedigs en iets onvolkomens in al die afgestorven overblijfselen, iets wat den indruk sterk vermindert, en zoowel aan het liefelijke als aan het grootsche merkbaren afbreuk doet.

Het dennenbosch bestaat geheel uit ééne soort van den, den reeds genoemden Pinus contorta var. Murrayana, die lodge pine, pole pine of black pine (zwarte den) genoemd wordt. Voor timmerhout zijn de stammen geheel zonder waarde, voor telegraafpalen en overeenkomstige doeleinden zijn zij bruikbaar, en natuurlijk ook voor brandhout. Maar in een onbevolkte streek zooals deze zou zelfs een verlof tot het wegvoeren der doode stammen in dit opzicht geen verbetering aanbrengen. Alleen rondom de hôtels zijn zij weggehaald, om voor brandstof te dienen. Daarbij komt nog een andere reden. In de droge maanden vormen deze liggende stammen groot gevaar met het oog op boschbranden, die door dit doode en droge hout sterker voortgeplant worden dan door de levende boomen.

De zwarte den is een vreemde boom. Inplaats van de krachtige stammen en uitgespreide kronen van onze dennen heeft hij een dunnen slanken en zeer hoog opgroeienden stam, die van onderen tot boven met takken bezet is. Maar die takken zijn nagenoeg alle even zwaar en even lang, zoodat een kaarsvormige gedaante ontstaat, herinnerende aan die der Californische reuzenboomen. De naalden blijven langer aan

de takken, en niet zelden ziet men stamgedeelten van 10 of meer jaren ouderdom nog met de naalden overdekt. De vruchten zijn talrijke, maar kleine kegels. Een zeer opvallende eigenschap is, dat vele stammen zich in twee gelijke, en bijna tegen elkander aan gedrukt omhoog groeiende takken splijten. Dit kan zich herhalen, zoodat niet zelden een stam, die van onderen enkelvoudig en betrekkelijk dun is, naar boven in zes of acht, of zelfs in tien tot twaalf rechtopstrevende armen gesplitst is. Overal zag ik die splitsingen; soms zoo talrijk, dat minstens elke vierde boom er een of meer vertoonde.

Zeer gevoelig is de zwarte den voor vrijen stand. De bosschen zijn altijd ijl, doorzichtig, nooit een gesloten massa vormende zooals onze dennenbosschen. Elke boom staat dus op zich zelf. Maar dit is voor een zwarten den nog lang niet genoeg. Hij wenscht rondom de ruimte te hebben, en door geen soortgenoot of anderen boom belemmerd of beschaduwd te worden. Heeft hij zulk een stand van jongs af gehad, dan wordt de vorm zeer statig. In verhouding tot de hoogte wordt de stam dan dik, en hij blijft van onderen tot boven rondom met groene zijtakken omgeven. Het is nog wel niet de trotsche pyramide van onze sparren, maar nadert er toch zeer toe. Het verschil tusschen zulke vrijstaande exemplaren en de andere is zoo groot, dat leeken de beide vormen voor verschillende soorten houden.

Maar zulk een stand is zeldzaam. Meest staan zij dicht opeen, en zelfs waar het jonge gras opschiet ziet men ze veel te dicht staan. Het gevolg is, dat de stammen zeer hoog en dun worden. Zij kunnen zoo dun worden, dat zij hun eigen kroon niet kunnen

dragen, en slechts door hun buren rechtop gehouden worden. Komen die buren te vallen, dan buigt zulk een stam zich ter aarde, en ik zag er, die ongebroken, met de kroon op den grond lagen, terwijl de jonge toppen van de zijtakken zich weer alle omhoog gebogen hadden.

Hier en daar is een boschbrand de schuld van het voorkomen van veel doode stammen, die dan kaal en naakt boven het opstaande jongere geslacht uitsteken. Maar overal ziet men in het bosch boomen sterven. Meestal zijn het de oudere, enkele malen ook jongere. Gewoonlijk sterven de takken van onderen af, door den te dichten stand, en allengs is alleen de topkroon nog groen. Later sterft ook die, zonder dat men de reden zien kan. In droge streken zou men meenen, dat watergebrek hierbij een rol speelt, en dat talrijke jonge en krachtige exemplaren het water zoo sterk tot zich kunnen trekken dat er voor de oudere en zwakkere niet genoeg meer overblijft. Maar hier is geen gebrek aan water. Het droge seizoen duurt slechts kort, en regens zijn in den zomer zeer talrijk, en geven, te oordeelen naar de onweersbuien die ik bijwoonde, een zeer voldoende hoeveelheid water. Ook is de den niet zeer gevoelig voor verschillen in watergehalte, want hij groeit zoowel op de hellingen en in de spleten van afgevallen rotsblokken, als aan den oever der meertjes en in de moerassige velden.

In verband met het bovenstaande moge hier opgemerkt worden, dat het bosch geheel zonder menschelijke zorgen is. Het plant zich zelf voort. Overal ziet men dan ook jonge en oude exemplaren en dennen van alle leeftijden dooreen, en dit geeft natuurlijk een hoogen graad van onregelmatigheid en ijlte. De doode

boomen vallen zooals zij kunnen en liggen dan ook dikwijls schuin met den stam in de kroon van andere. Andere boomsoorten zijn er maar weinig. Langs de randen en langs de beken en stroomen ziet men nog al eens sparren (Abies subalpina), met een grijsblauw loof, die daarom hier zilverspar heeten, maar die niet overeenkomen met hun hollandschen naamgenoot. Enkele andere soorten van sparren, nl. de Douglasspar (Pseudotsuga mucronata) en de Engelmann-spar (Picea Engelmanni) zijn zoo zeldzaam, dat zij eigenlijk geen invloed op het landschap uitoefenen.

Dit doen daarentegen een paar loofboomen wel. Het zijn populieren en wilgen, van elk ééne soort, en te zamen alle loofboomen van het geheele park uitmakende. De populier (Populus tremuloides) gelijkt sprekend op onze gewone klaterpopulier, maar heeft wat kleiner blad en wat slanker gestalte; hij vormt tegen de berghellingen soms geheele bosschen van een blauw-groene kleur, waartusschen dan de donkere dennen een scherpe tegenstelling vormen. De wilgen groeien langs de rivieren en in de moerassen; zij zijn meestal ternauwernood manshoog, maar bedekken uitgestrekte vlakten van den vochtigen bodem. Aan de zeer smalle bladeren zijn zij gemakkelijk te herkennen.

Het bosch heeft, trots zijn doorzichtigheid, zeer weinig onderhout. Kleine, meest kruipende heestertjes vormen zoden op den grond, doch veelal is die kaal. De kruipende jeneverbes, hier kruipende ceder genoemd (Juniperus sibirica), is een zeer fraaie vorm, vooral als hij over rotsblokken als een gordijn omlaag hangt. Een andere soort van hetzelfde geslacht, de roode ceder (Juniperus scopulorum), groeit recht

omhoog, en vormt, vooral bij Mammoth Hot Springs, hooge en zeer gevulde boompjes, vol bessen, die nu nog groen waren. Groene zoden van een meter en meer, plat op den grond liggend en dikwijls eveneens vol beladen met bessen, maar met ronde blaadjes, behooren tot de berenbes, zoo genoemd omdat de bessen, ten minste van sommige soorten van dit geslacht (Arctostaphylos), behaard zijn, terwijl bijna alle andere soorten van bessen een onbehaarde schil hebben. De bessen zijn eetbaar en zeer gezocht en waren den Indianen goed bekend; zij noemden ze Kinnikinick, en dien naam hebben deze planten ook nu nog behouden. Van de schors maakten de Indianen een soort van tabak. Andere lage besdragende heestertjes zijn er in talrijke soorten; ik noem daarvan een lage soort van Mahonia, wier blauwe bessen in trosjes uit de naakte rots schijnen te komen, en een zeer kleine boschbes, klein van struik en blad en klein van bes, maar uiterst algemeen, evenals onze gewone blauwe boschbes. De besjes zijn echter rood.

Wilde bloemen zijn er in het eigenlijke bosch niet veel. Deze komen eerst aan den rand voor den dag, zooals de wilde roode roosjes, maar vooral op de graslanden, die hier en daar op de vlakte met het bosch afwisselen. Uitgestrekte weiden leveren een uitstekend voedsel voor wilde herten en antilopen en ten deele ook voor enkele kudden vee. Gramma-gras en buffalo-gras vormen er een groot gedeelte van, maar het bunch-gras is verreweg het belangrijkste en algemeenste. Enkele europeesche grassoorten spelen een belangrijke rol, zooals Festuca ovina en Koeleria cristata. Daartusschen ziet men tallooze bloemen in allerlei kleuren. Vóór allen de blauwe gentiaan, die een van de meest

gewone sieraden dezer weilanden is (Gentiana detonsa). Groote blauwe bloemen op dunne slanke stelen, elk met vier wijduitstaande slippen prijkend, en niet zooals de groote gentianen bij ons, met een weinig geopende kroon. Maar de fraaie goudgele stippels en het donkere blauw van onze soort missen de amerikaansche, zij gelijken veel meer op een sterk vergroot beeld van onze kleine duin-gentianen. Afwisselend met deze zag ik de roode kwastjes der paint-brush, en de gele pluimen der guldenroeden. Alle drie deze soorten zijn zoo veelvuldig en zoo in het oog loopend, dat zij in groote bouquetten ter tafelversiering in de hôtels gebruikt worden.

Donkere Aconieten en sierlijke akeleien groeien meer in het bosch (vooral Aconitum columbianum en Aquilegium flavescens), een soort van edelweiss, zeer gelijkend op onze inlandsche soort (Gnaphalium dioicum) en enkele immortellen vindt men eveneens overal. Lelieachtige gewassen, blauwe lupinen, paarsche asters, gele Doronicums, alpen-aardbeziën en allerlei andere, min of meer van hun europeesche geslachtsgenooten afwijkende vormen ziet men overal. Sierlijke, groenkronige orchideeën met gedraaide reeksen van bloemen vond ik soms dicht bij de randen der kokende Geysers.

Tegenover deze typische en locale flora, waarvan ik gaarne nog allerlei andere voorbeelden zou opnoemen, staan enkele klaarblijkelijk europeesche indringers. Het gewone duizendblad (Achillea Millefolium) volgt de nieuwe wegen en zelfs de kamille zonder straalbloemen, die in Europa eerst in de laatste tientallen van jaren zich zoo snel uitbreidt, is hier tot in het hart van het park doorgedrongen. Ik zag ze

rondom de hôtels, vooral in het Lower-Geyser-bassin. Merkwaardig is ook dat de wilgeroosjes (Epilobium angustifolium) met hun lange rechtopstaande trossen van roode bloemen, hier evenals bij ons op de heiden, zeer algemeen zijn.

Yellowstone-Park is een hoog plateau. De bergen steken slechts weinig boven de vlakte uit. Eigenlijke sneeuwtoppen zijn er niet, maar toch ligt er in de canyons der hoogste bergen in Augustus nog vrij veel sneeuw. Op groote afstanden ziet men de schitterend witte velden en strepen. De bergen hebben meest glooiende, hoewel vrij steile hellingen, en deze zijn tot op de kammen met het dennenbosch begroeid. Slechts hier en daar ziet men naakte rotsen, of hellingen die met groote steenblokken bezaaid zijn. Doch daarover heb ik thans niet te spreken. Het hoogplateau is uit den aard der zaak moerassig. Nu eens vormt het uitgestrekte vochtige weilanden, met een natuurlijke draineering, dan weer echte moerassen met stroompjes en plassen en meren. Hier tiert een moeras-vegetatie in groote weelderigheid. In de geslachten komt zij met onze waterplanten overeen, en zelfs de gele waterleliën (Nuphar) ziet men hier veelvuldig en in groote aantallen. Biezen en bloembiezen, zeggen en grassen en allerlei gewone waterplanten vormen de hoofdmenigte. In enkele plassen zag ik de lidsteng of Hippuris in groote hoeveelheid, in andere vooral veen-vormende mossoorten. Zoutgrassen, overeenkomende met onze Triglochin's, maar grooter en frisscher, groeiden vooral op de natste plaatsen.

Een van de meest aantrekkelijke zijden van het park is de rijkdom aan fraaie wilde bloemen, die groote overeenkomst vertoonen met de europeesche alpen-

planten. Zij geven de kleuren en de afwisseling aan de hellingen en de vlakten. Moge het bosch zwart en eentonig zijn, de bloemen verlevendigen het in zoo hooge mate, dat zij de aandacht van alle toeristen trekken, en dat bouquetten plukken een der meest geliefde bezigheden is. Groote donkerblauwe gentianen kleuren de weiden in strepen en vlekken, of wisselen op de moerassige plaatsen met de rose-roode en oranje kwasten van de Indian paint brushes (Castilleia) af. Overal vindt men bloemen. Ternauwernood verdwijnt de sneeuw of zij verheffen hare hoofden, en in onafgebroken afwisseling blijven zij een sieraad van veld en boschrand, totdat, drie maanden later, de sneeuw wederom een einde aan haar leven maakt. Snel volgen de soorten elkander op, want de tijd is kort. Maar wat aan den duur ontbreekt, wordt door het aantal vergoed.

Meest zijn het lage planten, of soorten die haar bloemen even boven het gras uitsteken. De manshooge bloemplanten, die in Zwitserland in de bosschen der lagere bergstreken een zoo belangrijke rol spelen, zag ik hier zoo goed als niet. Meest ook zijn de bloemen niet zeer groot en niet tot rijkbeladen trossen vereenigd. De grootte van vlasbloemen is hier wel de meest algemeene, maar het vlas zelf, hoewel zeer veelvuldig en blauw bloeiend, is een andere soort dan het onze, Linum perenne, en belangrijk om de vruchten, die openspringen en de zaden uitwerpen, terwijl het gekweekte vlas juist in het dichtblijven der vruchten een zoo uitstekend middel heeft, om het verlies van zaad vóór en bij het oogsten te voorkomen.

Grootere bloemen vertoont het roode Bitter-Root, Lewisia rediviva, een voorjaarsplant, en vrij groote

schermen van zwavelgele bloemen vertoonen de Eriogonums, die, in verschillende soorten, de berghellingen tijdens mijn bezoek bijna overal bedekten. Allerlei immortellen ziet men, witte, grijs-grauwe en gele, en onder deze is vooral de Everlasting of the East (Anaphalis) zeer algemeen. Gewone blauwe klokjes (Campanula rotundifolia), Penstemons, Geraniums, verschillende soorten van Oenothera's, Monkey-flowers of Mimulus en tal van andere zouden genoemd kunnen worden.

De mooiste bloem die ik zag is de Mentzelia. Het zijn helder witte bloemen zoo groot als Papavers, en door een groot aantal meeldraden daaraan herinnerend, maar met talrijke smalle bloembladeren, die op een grijsgroen, sterk vertakt, doornachtig gewas groeien. Bij Mammoth Hot Springs, en vooral langs den weg die onderlangs dit dorpje voert, zag ik ze in groot aantal. Zij openden hun bloemen tegen den avond, en herinnerden dan in sterke mate aan den nachtcactus, met welks bloemen men ze op een afstand gemakkelijk kon verwarren. Maar zij behooren tot een geheel andere familie, namelijk tot die hevig brandende, meest met oranje bloemen versierde planten, die in onze tuinen soms als Loasa gekweekt worden. De Mentzelia's echter branden niet, maar treffen u door een rijken en aangenamen reuk, vooral des avonds, als de bloemen open zijn. De gelijkenis op den genoemden Cactus is oorzaak dat deze bloem, die ook in de omliggende woestijnen niet zeldzaam is, met den naam van Night blooming Cactus [1]) wordt aangeduid.

Omtrent het zooeven genoemde Bitter-Root valt nog

---

1) Nachtelijk bloeiende cactus.

op te merken, dat het in ongunstige jaren zeer zeldzaam, doch in betere jaren soms zeer algemeen is, vooral rondom Mammoth Hot Springs. Het heeft fraaie stervormige bloemen, die op korte stelen dicht boven den grond groeien. De Indianen gebruikten de wortels als voedsel, en later is deze bloem gekozen om de State-flower van Montana te zijn.

Vergeetmijnietjes zijn vertegenwoordigd door Myosotis alpestris, Primula veris door een verwante soort, de Clematis gelijkt in hooge mate op onze heggeranken, ofschoon de soort een andere is (C. Douglasii). Zoo zou ik voort kunnen gaan, maar liever dan zulk een algemeen overzicht te geven, wil ik trachten den indruk te schetsen dien ik op een wandeling in het bosch en langs de boschbeken gekregen heb. Het was dicht bij het Hôtel bij het meer. Rondom het Yellowstonemeer is het bosch mooier dan in de streek der geyserbassins. De boomen zijn voller in hun groen; minder talrijke doode stammen ontsieren het bosch, en de flora is rijker. Wellicht staat dit in verband met de minder scherpe tegenstelling van dal en berg en met de talrijke beekjes, die hier van de bergen afvloeien. Die beekjes loopen dan niet over rotsblokken springend omlaag, maar vormen een smal dal, met drassigen bodem. Op dien bodem ziet men dan geen dennen, maar dicht gras. Deze smalle dalen zijn zoo moerassig, dat zij dikwijls moeilijk toegankelijk zijn, en de wegen, die er dwars overheen gaan, zag ik dan ook met dennenstammen hard gemaakt, evenals bij ons de oude veenwegen, die uit dwarsliggende dennenstammen gemaakt werden. In die dalen zijn de talrijke omgevallen dennenstammen voor den plantenzoeker dikwijls het eenige middel om zijn doel te bereiken,

en van stam op stam stappende vond ik allerlei bloemen. Sterk werd ik herinnerd aan de overeenkomstige dalen in de Alpen en in het Schwarzwald.

Ook op de hellingen liggen talrijke doode stammen. Het zijn meest de dunste en ijlste boomen van het bosch, en deze groote sterfte maakt dan den indruk van een zelfreiniging, waarbij de zware stammen meer ruimte voor hun groei krijgen. Merkwaardig is, dat bijna al deze stammen zonder schors zijn; de schors vergaat hier sneller dan het hout en de witgrijze tint, die het hout aanneemt, doet de stammen sterk in het oog vallen. Deze afwezigheid van de schors doet enkele eigenschappen van het hout gemakkelijk waarnemen. Allereerst den loop der vezels en der barsten. Deze is slechts in weinig stammen evenwijdig met de as, maar loopt er gewoonlijk in een schroeflijn om heen. En wel in talrijke windingen, iets wat natuurlijk voor de duurzaamheid van planken, die men er uit zou willen maken, zeer nadeelig is; daarenboven barst en scheurt het hout zeer sterk, en in de barsten en scheuren rot het spoedig, zoodat men dikwijls stammen vindt, die men met den voet in dunne plankjes uiteen kan drukken. Die plankjes loopen dan in de richting der beschreven barsten.

Een andere bizonderheid van de dennen valt overal op, namelijk de neiging om heksenbezems en knoesten te maken. Of eigenlijk moet ik dit een vatbaarheid noemen voor de ziekten die de oorzaak van den afwijkenden groei zijn. De heksenbezems zijn takken die als dikke bezembundels vertakt langs den stam omlaag hangen en dikwijls vruchteloos trachten zich op te richten. Vlak bij den stam is zulk een tak dan knoestig. Tusschen de gezonde, dwars uitstaande en gelijkmatig

omhoog gebogen takken vallen deze zonderlinge vormen zeer sterk in het oog. De knoesten ziet men meest aan de stammen, die zij op de vreemdste wijze doen draaien en opzwellen, en in het rustiek gebouwde Hôtel van het Upper-Geyser-bassin heeft men van die knoesten aan trapleuningen en zuilen een eigenaardig gebruik gemaakt, om daardoor het landelijke van dit bijna geheel uit ongezaagde boomstammen opgetrokken gebouw nog te verhoogen. Van de brosheid van het hout overtuigt men zich het best als men stammen ziet die omgevallen en daarbij in hun midden dwars doorgebroken zijn. Dit omvallen schijnt elken winter te gebeuren, en hier en daar zag ik de stammen nog schuin over de rijwegen in het bosch liggen.

Aan kleine heesters is het bosch niet rijk. Kruisbessen, wier bessen niet grooter zijn dan erwten; Cotoneasters met even kleine mispelachtige vruchten; bloeiende roosjes, enkele berken en in de moerassige dalen vooral wilgen in verschillende soorten. Bizondere opmerkingen verdient de Elaeagnus of het zilverblad, kenbaar aan het zilver-overtreksel van de onderzijde der bladeren, dat met de loupe blijkt uit tallooze fijne stervormige schildjes te bestaan. Ik vond er hier geen vruchten aan, maar in Noordelijk Californië zag ik de takken beladen met de roode bessen, sierlijk gebogen onder dien last. De bessen zijn eetbaar, en zooals ik elders opmerkte, tracht Burbank ze te veredelen om ze tot een gewone tafelvrucht te maken. Overal over rotsblokken en omgevallen stammen, zoowel tegen de hellingen als in de moerassen, ziet men een heestertje dat groeit als de Azalea's der Alpen, en dat tot een bizonder geslacht, Ledum, behoort, omdat zijn vijf witte bloemblaadjes los van elkander op den

bloembodem ingehecht zijn. Meest waren zij uitgebloeid, maar hier en daar zag ik toch nog de ronde, helder witte schermen der bloemen. Zeer kleine boschbessen, wier vruchten op roode kraaltjes gelijken, ziet men bijna overal in de menigte, en hier en daar ook eene andere soort, overeenkomende met de moerasboschbes.

Een groot aantal wilde planten herinnert sterk aan onze alpen-planten. Het zijn meest lage gewassen met groote bloemen of rijke tuilen of trossen. Langs kabbelende beekjes zag ik een rondbladerige steenbreek bloeien, gelijk aan onze Meniste-zusjes, maar met sappig blad. Donkerblauwe aconieten en lichtgele akelei; groote gele Trollius, talrijke soorten van Potentilla en van Geum, de hooge witte alpenklaver, allerlei soorten van eereprijs, bloembiezen, Hedysarum, witte en roode Geraniums, Composieten als Doronicum en Arnica, alpen-aardbeziën en allerlei andere soorten kunnen hier genoemd worden. Een veelknoop hield het midden tusschen onze dubbelgedraaide soort (Polygonum Bistorta) en de kleine verwanten der alpen (P. vivipara). De Primula's waren vertegenwoordigd door de fijne langstralige schermen van een witbloeiende Androsace. Van de Mimulus zag ik niet alleen de gele, maar ook een fraai paarsroode soort in menigte langs de beekjes.

Typische geslachten ontbraken natuurlijk niet, deels zulke, als men bij ons niet ziet, deels die bij ons in botanische tuinen gekweekt worden. Onder de eerste noem ik de sierlijke roode penseeltoppen van den Indian paint brush (Castilleia), een andere soort dan aan de kusten van Californië, slanker en minder behaard, maar met toppen van roode schutbladen

evenals deze. Verder een lichtgele Eriogonum, een der alleralgemeenste bloemplanten overal waar het bosch maar eenigszins open is. Onder de laatste groep verdient allereerst een Phlox genoemd te worden. Het is een laag kruipend plantje met vrij groote witte bloemen, die alleen staan, doch overigens met die van onze najaars-seringen overeenkomen. De bladeren zijn naaldvormig. De bloemen waren nu eens vijf- dan weer vierstralig. Een fijne soort van Polemonium met blauwe bloemen, en een soort van Phacelia met rozetten van wortelbladeren en opstijgende stengels, die kluwens van bleek purperen bloemen droegen, en eindelijk de meest gewone plant dezer bosschen, de blauwe lupinen, waarvan men overal de vingervormige bladeren en de blauwe bloemtrossen ziet. Van deze soort vond ik ook een wit en een rose exemplaar. Trouwens ook van de blauwe gentiaan en van de gewone blauwe klokjes trof ik in dit bosch een enkele maal een groepje met zuiver witte bloemen aan. De variabiliteit is hier dus al juist zooals bij ons.

Een vrij groot aantal soorten komt met bij ons inheemsche wilde planten min of meer overeen. Onder deze trof mij vooral de Parnasbloem. Onze Parnassia heeft vijf groote, breede witte bloembladeren, die elk een straalvormig vertakt, groen en geel, schubvormig aanhangsel dragen. Die aanhangsels zien er uit als onechte meeldraden. Hier bloeide de Parnassia langs de beken met smalle witte bloembladeren, die ter weerszijden een fraaie witte franje droegen, en hadden zij elk een kort en onvertakt, groen en geel gekleurd kliertje. Overigens was de bouw van de bloem en de plant dezelfde als bij onze soort. Van het wintergroen of Pyrola bloeiden hier twee soorten. Een precies zoo

als de onze, die in onze duinvalleien zoo heerlijk ruikt, maar hier had de plant vrij donker roode bloemen. De andere kwam meer met de Pyrola secunda overeen, daar alle bloemen naar eene zijde van den tros overhingen. Kleinbloemige witte Orchideeën waren talrijk, en een andere plant, een soort van Pedicularis, geleek sprekend op een roode Orchidee met smallen tros, b.v. op een Gymnadenia. Het was de Olifantsbloem, zoo genoemd omdat uit den groenen kelk een kroon uitsteekt, die precies op een olifantskop gelijkt. Men ziet den kop met den eerst omlaag, daarna omhoog gebogen, dunner uitloopenden snuit, en terweerszijden van den kop twee groote olifantsooren, maar van rose kleur. Enkele andere soorten mogen nog genoemd worden. Een kruisbloem als onze Sisymbriums viel op, doordat de lange groene hauwen steeds loodrecht langs den tros naar beneden hingen, inplaats van rechtop te staan. Verder zag ik Asters in alle kleuren, van zuiver blauw tot zuiver rood, zeer talrijk, maar steeds als lage planten, een plantje dat veel op Salomons-zegel geleek, maar niet bloeide (Smilacina), Gnaphalium's, beek-Veronica's, roodbloemige uien, gele Sedums, biezen en bloembiezen, wederikken en grassen, te veel om op te noemen. Langs de beken groeide een fijne smeerwortel met lange smalle helder blauwe bloemen.

Mossen en korstmossen, gallen en vergroeningen zag ik hier en daar in vormen met de onze overeenkomende. Het schildmos of Peltigera, en het bekermos of Cladonia was van onze soorten niet te onderscheiden, evenmin het haarmos of Polytrichum. Op doode boomstammen groeide een fijn vertakt korstmos, als onze grijze Ramalina's, maar geheel zwavelgeel, en daardoor

bizonder fraai. De wilgen droegen ronde gallen en door 't blad heen gegroeide, evenals er bij ons door bladwespen op gemaakt worden, en de meest merkwaardige vergroeningen van bloemen toonden het duizendblad en eenige andere planten.

In het algemeen was de indruk van de flora in het begin als die van een geheel vreemde, maar veranderde die indruk bij het nader bezien der bloemen zeer spoedig. Dezelfde typen en dezelfde vormen, die wij uit ons eigen land en uit Duitschland en Zwitserland kennen, vindt men hier, maar bijna altijd met soortgelijke verschillen. Men herkent ze gemakkelijk en is toch getroffen door hun bizondere, soms zeer merkwaardige eigenschappen. Meer rijkdom dan bij ons schijnt de flora hier niet te bieden, terwijl het voorkomen van groote bloemen of bloemgroepen met treffende kleuren aan de valleien in onze duinen en op onze Noord-Hollandsche eilanden en verder aan de weilanden op de Alpen herinneren.

Na deze beschrijving van de landstreek en haar bloementooi ga ik over tot de bespreking der warme bronnen en geysers, en begin met die, welke den naam Mammoth Hot Springs voeren. Zij vormen het eerste punt, dat de reiziger bezoekt, als hij van Gardiner, in het Noorden, het Yellowstone-park ingaat. Dit punt ligt ruim een uur rijden ten zuiden van den ingang van het park. Men vindt hier, zooals ik reeds opmerkte, een hôtel en het militaire station, dat het centrale punt voor den politie-dienst in het park is. De behoeften, daaruit ontsproten, hebben allengs rondom deze twee een klein dorp van winkeltjes en werkplaatsen doen ontstaan. Een post-bureau, een curiosity-

shop [1]) een winkel met kunstmatige versieringen uit de bronnen, en de stallen van de transportatie-maatschappij zijn daaronder voor de bezoekers de belangrijkste.

De warme bronnen bevinden zich op de uitloopers van een der omliggende bergen. Voor het grootste gedeelte liggen zij verscholen in het bosch, maar schuin tegenover het hôtel is de berg, die ze draagt, bijna geheel zonder boomen, een krijt-witte, afgeronde massa vormend, die, van het hôtel uit gezien, onsierlijk is en in de zonnestralen te sterk schittert, maar die van nabij bezocht als het ware bezaaid is met de grootste wonderen der natuur.

Deze bronnen kan men in de eerste plaats verdeelen in werkzame en uitgedroogde. Slechts een klein deel is feitelijk werkzaam, en daarvan zijn de meeste op den bedoelden heuvelrug vereenigd. Maar ook op dezen rug en op de hellingen bedekken zij niet het geheele oppervlak. Integendeel zou men kunnen zeggen dat de geheele berg uit opgedroogde bronnen bestaat, hier en daar afgewisseld met enkele werkzame. Men kan dan ook nagenoeg overal loopen en een aantal voetpaden doorkruisen de streek. Op die voetpaden moet men bij voorkeur blijven, want het gesteente is zacht en wordt gemakkelijk tot poeder vertrapt. Waar niet geloopen wordt, vertoont het daarentegen overal de gekronkelde lijnen, die eenmaal elk de omtrek waren van een bassintje met warm water. Zoo is de geheele berg, zoowel in het bosch als op de onbegroeide gedeelten.

De bedoelde heuvel, waarop de meeste bronnen zijn,

---

[1]) Verkoopgelegenheid voor curiositeiten.

loopt langzaam op tot omstreeks 100 M. boven de vlakte van het dal, waarin het dorp gelegen is. Het is een uitlooper van een hoogeren berg, die er achter gelegen is. Deze berg zelf heeft geen warme bronnen, behalve in de onmiddellijke nabijheid van zijn voet. Maar er zijn nog meer zulke bronnen-rijke uitloopers, die, van het hôtel uit gezien, meer naar achteren liggen, en waarlangs de rijweg de toeristen eerst den volgenden dag voert. Op die uitloopers echter zijn de bronnen, met zeer enkele uitzonderingen, sinds eeuwen droog, en ziet men nog slechts de gesteenten die zij voortgebracht hebben. De hoogste uitlooper heet Terrace Mountain en is 500 M. hoog.

Het gedeelte dat gewoonlijk bezocht wordt, wordt eenvoudig „the terraces" [1]) genoemd, omdat de afzettingen rondom de bronnen steeds den vorm van terrassen aannemen en dit vooral dan duidelijk doen, als zij zich op een hellend gedeelte van den heuvel bevinden. Het beste denkbeeld van de uitgestrektheid dezer formatie verkrijgt men als men weet dat volle twee uren noodig zijn om de gewone wandeling langs de merkwaardigste punten van „the terraces" te maken, waarbij men dan Terrace Mountain slechts uit de verte ziet. Want de geheele formatie strekt zich over een lengte van ruim drie mijlen langs de Gardiner-rivier uit.

Vele terras-groepen, en vooral die, welker bronnen op dit oogenblik werkzaam zijn, hebben afzonderlijke namen ontvangen, en door naambordjes wordt men hieromtrent ingelicht, als men zonder gids deze wonderen bezoekt. En dit doet men bij voorkeur, want ze zijn te schoon en te treffend, en vooral te rijk aan

---

[1]) Terrassen.

afwisseling om ze door de oogen van een ander te bekijken, en om daarbij niet wat verder te gaan dan de gewone routine.

Een overzicht over de voornaamste bronnen moge eenig denkbeeld geven van wat de natuur hier biedt. Allereerst ziet men, van het hôtel uit, vóór den berg en vrij op de vlakte van het dal staande, een hoogst eigenaardigen kegel, den Liberty-cap [1]). Dit is eigenlijk meer een zuil met afgeronden top dan een kegel. De zuil is 17 meter hoog en 7 meter in diameter en bestaat als het ware uit een aantal schotel- of panvormige schalen, die omgekeerd op elkander gestapeld zijn. De randen zijn door den tand des tijds ruw afgebroken en de bovenste schalen hebben den vorm, die aanleiding gegeven heeft tot den naam. Een weinig verder op, en leunend tegen den heuvelrand, staat een kleine dergelijke zuil met minder afgebroken schalen, en dus nog bijna geheel door de buitenste laag bedekt. De naam duidt ook hier eenigszins den vorm aan en luidt „Devil's thumb" [2]) . Beide kegels zijn oude formaties en brokkelen voortdurend af. Het eerste blijkt uit de talrijke roodbruine korstmossen, waarmede zij begroeid zijn, en het laatste uit de afgevallen brokken der schalen, die rondom hen op den grond liggen.

Gewoonlijk gaat men den heuvel aan de noordelijke zijde op, om langs de zuidelijke, dat is die waar hij aan de hoogere bergen aansluit, terug te komen. Men bezoekt dan de beide fraaiste terrassen het eerst, en krijgt, daar zij zeer verschillend zijn, een voorloopig

---

1) Vrijheids-Kegel.

2) Duivelsduim.

overzicht over hun formatie. Het eerst bereikt men, halverwege de hoogte van den berg, het Minervaterras, daarna, op het eind van den heuvelrug, het terras van Jupiter. Dit laatste geeft het beste denkbeeld. Het bestaat, als men het van een hoogeren bergtop beschouwt, uit twee donkerblauwe oogen. Het zijn twee groote natuurlijke vijvers, die bijna rond en met een prachtig doorschijnend donkerblauw water tot aan den rand toe gevuld zijn. De rand en de bodem, voor zoover men die zien kan, zijn van het zuiverste wit, en overal golvend. De kleurschakeeringen, die daardoor ontstaan, zijn onovertreffelijk schoon, en het is een groot genot in de heldere blauwe diepte te kijken. Telkens als ik kon, heb ik mijn weg zóó gekozen, dat ik langs dit terras kwam, en steeds boeide het mij in gelijke mate. Geysers heeft men spoedig afgezien, maar langs de warme bronnen zou men weken lang elken dag willen wandelen.

In die twee vijvers kookt het water heftig. Of liever, de vorm is die van een trechter of trompet, en uit de diepte van de buis stijgen stoom en kokend water op. In elken vijver is een plaats waar men dit opborrelen op de oppervlakte reeds van verre ziet. Het opstijgende water vloeit dan over en door de voorhanden watermassa heen en houdt deze op een temperatuur, die aan die van kokend water nabij komt. Het vult de vijvers en doet ze overvloeien, en dit overvloeien is de eigenlijke bron van de terrasvormingen. Want de beide vijvers liggen op een vrij vlak plateau, en nemen daarvan het hoogste punt in. Het water vloeit dus overal over den rand en bedekt de vlakte in zeer ondiepe stroomen. In deze ontstaan lage dwarswalletjes, die het water tegenhouden. Deze volgen

elkaar, op de weinig hellende vlakte, regelmatig op, en veranderen zoo het terrein in een stel van zuiver horizontale terrassen. Op elk terras staat een duimbreed water of iets meer, komt er nog meer in, dan vloeit dit naar het volgende terras over. Zoo is de geheele omgeving der beide groote blauwe oogen met ondiepe bassins bedekt, en slechts op een zeer enkele plaats kon men droogvoets er zoo dicht bijkomen, dat men in de diepte der oogen kijken kon.

Ten slotte vloeit al dit water over den heuvelrand omlaag. Daar heeft het een vertikalen wand gevormd, waarlangs het met groote snelheid afglijdt. Dan komt het weer op een hellend gedeelte. Hier is de helling te steil voor de vorming van grootere bassins of bakken, en vloeit het water over talrijke, zeer kleine kommetjes gelijkmatig naar beneden. Ten slotte komt het tegen den rijweg aan en wordt daar door een greppel opgevangen en zijwaarts geleid. Het is dan nog zeer warm.

Kabbelend vloeit het water en het vormt den bodem als het ware naar het beeld zijner beweging. Het natte rotsoppervlak is bedekt met tallooze, grootere en kleinere golvingen, die in de sierlijkste bochten dwars op de stroomrichting staan. De kleinere heuvellijnen worden door het water eenvoudig overstroomd, de grootere houden het een tijd lang tegen en worden zoodoende tot de randen der bassins. Ook op den vertikalen wand ziet men die dwarsche plooien, ofschoon hier de richting van het water meer aanleiding geeft tot het ontstaan van zuilen, die aan stalactieten of wel aan de naast elkander geplaatste pijpen van een orgel herinneren.

Al dit gesteente bestaat uit kalk, die door het water

wordt afgezet. Even als ons duinwater met kalk beladen is, en dit bij koken of bij lang staan aan de lucht als een dunne witte neerslag afzet, evenzoo wordt ook hier de opgeloste kalk uit het water in vasten vorm overgebracht. Maar de hoeveelheden zijn natuurlijk geheel andere, en de verschijnselen, die in ons land het bekende meertje van Rockanje vertoont, komen aan de kalkafzettingen uit de heete bronnen van het Yellowstone-park nog het dichtst bij.

De afgezette kalk heeft een zeer eigenaardige, poreuze structuur, geheel anders dan die van gewone kalksteen. Zij draagt den bizonderen naam van t r a v e r t ij n. De geheele heuvelgroep bestaat uit dit travertijn. Deze poreuze structuur hangt, zooals wij weldra zien zullen, ten nauwste met de wijze van ontstaan samen en is de oorzaak van de snelle en gemakkelijke verweering van het gesteente.

Het Minerva-terras onderscheidt zich van het Jupiter-terras zeer sterk. Het ligt op een sterk hellenden heuvelrand en bestaat uit een aantal vrij groote vijvers die trapsgewijze boven elkander liggen. In een der bovenste vijvers is de warme bron, en het overvloeiende water vult de lagere. Vele vijvers liggen een of twee meters boven hun lagere en evenveel onder hun hoogere buren. Zij zijn dan elk voorzien van een vertikalen wand met stalactieten en versteende orgelpijpen. Hierdoor ontstaat een systeem van grootere en kleinere terrassen, te zamen meer dan honderd in aantal en van onovertrefbare schoonheid. Natuurlijk vloeit het water niet over al die terrassen, want de minste breuk in een of anderen rand kan het bij voorkeur naar één zijde doen stroomen. Sommige terrassen zijn dus actief,

andere droog. Tijdens mijn bezoek waren verreweg de meeste droog en toegankelijk, en stroomde het water slechts over een breeden band in het midden.

Ook hier is het water weer donkerblauw en volkomen helder. Maar het bassintje waarin het opbruist en kookt, heeft slechts enkele meters in doorsnede en boeit niet zeer sterk. Het fraaist is de groep als men hem van ter zijde op korten afstand beschouwt.

Al die wanden zijn, zooals ik reeds zeide, uit bros travertijn opgebouwd. Zij brokkelen voortdurend af. Grootere en kleinere brokken ziet men in de diepte, aan den voet der geheele formatie liggen. De toer door het park is zóó ingericht, dat men na vijf dagen te Mammoth Hot Springs terug komt. Ik heb dus het terras beide keeren bezocht, en daar ik den eersten keer een goed beeld in mij had opgenomen kon ik, na vijf dagen, zien hoe een halve wand voor aan de terrasen in dien tijd was afgebroken en uiteengevallen. De stukken lagen nog ter plaatse en pasten nog aan de versche breukvlakken. Maar voor mij werd daardoor de inwendige structuur op een zóó duidelijke wijze zichtbaar, als noch door een beschouwing van het uitwendige, noch door het onderzoek der oudere, steeds meer of min afgebrokkelde formatiën, kon worden verkregen. De geheele inwendige massa bestond als het ware uit een herhaling van het orgelpijpen-systeem, nu eens met pijpen zoo dik als een potlood, en dan weer met dikkere.

Vlak achter het Jupiter-terras, dus op een uitgestrekt plateau, ligt een systeem van kronkellijnen als randen van vroegere, vlakke bassins. Maar dit alles is geheel droog en ten deele vertrapt en verweerd. Iets verder ziet men het terras van Cleopatra, uit een stelsel van

vrij groote, maar lage bassins bestaande. Het heeft dit eigenaardige, dat al het water, dat in vrij groote hoeveelheid uit de bron in het bovenste bassin omhoog komt, ten slotte, na al de bassins gevuld te hebben, zich weer verzamelt en met groot geraas in een diepe spleet in de rotsmassa verdwijnt.

Het terras van Cleopatra grenst aan het bosch, en de verdere formaties liggen meest alle in het bosch, zoo zij niet, door het bedekken van den grond met dikke kalklagen, dit bosch gedood hebben. Zulk een dood en aan de randen stervend bosch ziet men dicht bij, op de terrasvormige hellingen van een grooteren heuvel. Het is allermerkwaardigst om na te gaan hoe het kalkhoudende water zich, bij het voortbrengen van randen en bassins, aan de aanwezigheid van boomen en planten in het geheel niet gestoord heeft, maar eenvoudig met de productie der allerfraaiste, zuiver witte vormen is voortgegaan, alsof deze niet gemaskeerd en onderbroken werden door de doode, zwarte, bladerlooze stammen. Honderden van die boomen, op deze wijze gedood, ziet men hier te midden der terrassen van travertijn. Verderop ziet men overal op de wandeling hetzelfde, maar de formatiën zijn daar al zoo oud, dat de doode stammen verdwenen en door levende vervangen zijn, en dat een prachtig bosch de terrasvormingen overdekt en voor een groot deel aan het oog onttrekt. Nog werkzame bronnen zijn hier zeldzaam.

Daarentegen komt hier een andere zijde van het verschijnsel voor den dag. Het zijn de rotsspleten. Over een lengte van verscheidene tientallen van meters, en soms veel meer, is de travertijn-rots opengespleten. De spleet kan nog open zijn, of door het afbrokkelen van haar randen gedeeltelijk weer gevuld. Zij kan

werkzaam of onwerkzaam zijn. In het eerste geval ziet men een lange reeks van kleine bronnen uit haar te voorschijn komen; door het invallen van steenbrokken en door de formatie, die zij zelven afzetten, zijn dan die bronnen van elkander gescheiden. Soms zijn die bronnen kleine zichtbare vijvertjes vol water; soms echter ligt hun water in de diepte en kan men het niet of bijna niet zien; men hoort dan echter het koken en ziet de ontwijkende stoom. Vroeg of laat wordt zulk een barst, door dezelfde oorzaak die haar deed ontstaan, wijder of krijgt zij zijbarsten, en dan verdwijnt het water daardoor weer in de diepte en wordt de barst onwerkzaam en droog. Op het Angelterrace, op het zuidelijk gedeelte van denzelfden heuveluitlooper, zag ik zulk een barst, die klaarblijkelijk oud was maar eerst onlangs weer opengebarsten. Een aantal kleine kegeltjes, zoo groot als omgekeerde emmers en grooter, waren op den barst ontstaan, doordat het overvloeiende water hun randen snel had doen groeien. Van binnen waren zij hol, en de zuiverheid van het binnenvlak deed vermoeden, dat zij nog niet lang geleden actief geweest waren. Maar de nieuwe barst had ze overlangs opengespleten, aan twee zijden van boven naar beneden, en zoodoende het water doen wegvloeien. In de kleinere was de spleet een handbreed of minder; maar in den grootsten kegel was zij zoo breed dat ik er door heen kon loopen en de inwendige kolk kon bereiken, zonder de randformatie te beschadigen.

Veel oudere barsten zijn soms veel wijder. De wijdste die ik zag, wordt genoemd Devil's Kitchen [1]); men kan

---

[1]) Duivelskeuken.

hierin door middel van een ladder tot op een diepte van een tiental meters afdalen. De diepere ruimte bevat lucht die met koolzuur sterk bezwangerd en dus doodelijk is, zooals uit de overgebleven gebeenten van allerlei dieren blijkt. Maar daar is de spleet zoo smal, dat men er niet in kan komen.

Zulke barsten ziet men dikwijls in den vlakken grond, zoowel die met werkzame bronnen als met uitgedoofde. Maar ook komt het voor, dat een smalle heuvelring, die eenmaal uit travertijn werd opgebouwd, over zijn lengte gespleten en daardoor onwerkzaam geworden is. De Devil's Kitchen ligt in zulk een rug. Die ruggen zijn maar weinige meters breed en dikwijls meer hoog dan dik. De White Elephant is een der meest bekende formatiën van dien aard, en geeft door zijn naam den vorm vrij wel aan, als men alleen aan den romp van het dier denkt. Andere zulke ruggen zag ik rondom Angel terrace, en een zeer fraaien bij den pulsating [1]) geyser, die geen geyser, maar een gewone warme bron is. Een uitvoerige beschrijving van een actieve en nog jonge spleet zal ik later geven, als ik mijn waarnemingen over den Orange-geyser bespreek.

Bath Lake [2]) is een groote vijver of klein meertje, in een diep gedeelte van een der dalen tusschen de travertijn-heuvels gelegen, dat ook voor baden gebruikt wordt. De warme bron bevindt zich aan een der zijden, maar het meertje is zoo groot, dat het daardoor op een aangename temperatuur gehouden wordt. Het instroomende water vloeit ergens weer door een spleet weg. Hier als in de blauwe oogen van Jupiter

---

[1]) Borrelende. [2]) Het Badmeer.

overtreft de heerlijke doorschijnendheid van het water alles wat men zien kan. De kleine wolken aan den hemel worden op de oppervlakte teruggekaatst en in de diepte ziet men overeenkomstige, wolkachtige beelden van de zachte en glibberige, in allerlei bochten en rondingen omhoog dringende en groeiende travertijn-gesteenten. De fijnste trekken van dezen bron kan men op groote diepte zien, en allerlei voorwerpen, als takken en bladeren van boomen, ziet men er liggen, reeds bedekt door een fijne, groeiende kalklaag, maar nog goed herkenbaar. Hier en daar neemt het levende travertijn bruine en blauwe, gele en roode tinten aan, in onnoemelijke schakeeringen. Het kleurenspel is even zacht en boeiend als het onuitputtelijk is.

Na deze zeer onvolledige beschrijving kom ik tot de bespreking van de verklaring der behandelde verschijnselen. Allereerst wil ik dan trachten de levenswerkingen van het travertijn te beschrijven, om eerst daarna de aandacht te vestigen op de bronnen van het water en van de kalk, en vooral op de bron van de warmte.

In kalkhoudend water pleegt de kalk door middel van koolzuur te zijn opgelost. Verdwijnt dit, zoo slaat de kalk neer. Nu zijn er in het algemeen twee middelen, die het koolzuur uit water kunnen doen verdwijnen. Allereerst de gewone verdamping. Zooals iedereen weet verdampt uit ons duinwater het koolzuur, als dit water eenvoudig open aan de lucht staat, en wel des te sneller naarmate het warmer is. Uit het water der heete bronnen kan dus het koolzuur ontwijken, zoodra het aan de oppervlakte komt. Maar als er een overmaat van dit gas in het water is opgelost, behoeft de kalk

dan nog niet neer te slaan, zooals zij bij het staan van duinwater aan de lucht doet, of zooals blijkt uit de ketelsteen, die zich bij het koken van water vormt.

Het tweede groote middel, om koolzuur aan het water te onttrekken, is het leven van planten. Het hoofdverschijnsel toch van de voeding is juist het opnemen van dit gas en de verwerking er van tot organische stof. De planten zijn hongerig en zouden gaarne veel meer koolzuur nuttigen dan het water hun aanbiedt. Zij nemen dus ook de laatste sporen er van op. Dientengevolge doen zij de kalk volledig neerslaan. Dit neerslaan kan dan in of buiten de plant geschieden. Het weefsel kan met kalk doortrokken worden, of het geheele gewas wordt door een korst omgeven, of de kalk slaat in vlokken neer en zinkt op den bodem. Onze gewone kranswieren doortrekken hun lichaam met de neergeslagen kalk en worden daardoor witachtig en bros; men kan ze haast niet drogen zoo bros zijn ze. Allerlei andere wieren verkalken op deze wijze, zonder dat dit aan hun leven of aan hun groei schaadt, en aan de kusten van Normandië vindt men zelfs wieren, die er uitzien als witte en fijn vertakte koralen, en die geheel hard en kalkachtig schijnen te zijn. Maar het microscoop doet overal de levende cellen tusschen de afgezette kalkmassa's zien. Aan de kusten van warme zeeën vindt men zulke wiersoorten, die zooveel kalk bevatten, dat men ze eenvoudig voor een deel van den rotswand of voor steentjes in het zand houdt, en het geslacht Lithothammion of steenwier is een van de meest bekende en vormenrijkste onder hen.

Zoo is het ook in de bronnen van Mammoth Hot Springs. Nagenoeg alle kalk wordt door wieren afgezet,

en het microscoop toont in de jonge groeiende lagen overal de groene, levende cellen.

De geheele travertijn-rots, eenige mijlen lang en honderden meters hoog, is het product van de werkzaamheid dier wieren, evenals koraalriffen en de daaruit ontstane gebergten het resultaat van de werkzaamheid der koraaldieren zijn. Maar de wieren, die het travertijn voortbrengen, zijn over het algemeen zeer eenvoudig van structuur en behooren tot de laagste afdeelingen. Het zijn deels draadbacteriën, deels gekleurde vormen, die daarmede nauw verwant zijn.

Een van de meest vreemde verschijnselen is, dat deze wieren bestand zijn tegen warmtegraden, die andere wieren en hoogere planten niet verdragen kunnen zonder te sterven. Elk blad en elke bloem sterft dadelijk, als men ze dompelt in het water der heete bronnen. Slap en verflenst komen zij er uit. Maar de kalkwieren dezer bronnen kunnen er tegen. Natuurlijk echter in zeer verschillende mate. Er zijn er enkele, die zelfs in het warmste, bijna kokende water groeien en tieren, en andere, die af moeten wachten tot het water afgekoeld is tot juist op die graden, die voor het gewone leven de uiterste grenzen vormen. Maar op die grenzen tieren zij dan ook bij voorkeur. In het algemeen kan men zeggen dat het de kleurlooze, witte of lichtgele draadbacteriën zijn, die die hoogere temperatuur verdragen, terwijl zoodra een groene of daarmede verwante kleur de organen voor de voeding doortrekt, de temperatuur niet hooger mag zijn, dan de hoogste grenzen voor het gewone plantenleven.

De wanden der kokende vijvers en het eerste begin der overvloeibeekjes zijn dus het gebied der draadbacteriën, terwijl in de volgende bassins en in hun

latere overvloeiïngen de groene en roode en bruine en gele wieren in alle schakeeringen van den regenboog, tot bijna zuiver zwart toe, welig tieren. Ginds het zuiverste wit, hoogstens in licht zwavelgeel overgaand, hier een rijkdom van fraaie en meestal schitterende kleuren, in de grootste wisseling die men zich denken kan.

Het kookpunt van water ligt, op de hoogte waarop het geheele Yellowstone-park gelegen is, niet zooals bij ons, bij 100° C. of 212° Fahrenheit. Het is aanzienlijk lager en bedraagt slechts 92° C. of 198° Fahr. De hoogste temperaturen, waarbij wieren levend gevonden werden, waren omstreeks 85° C. of 185° Fahr., dus slechts weinige graden lager dan het kookpunt. Het zijn verschillende soorten van draadvormige bacteriën, waarvan sommige de witte golvende wanden van de vijvertjes bekleeden, en andere in lange, buigzame en door de stroompjes heen en weer bewogen draden van meest bleek gele kleur in de overvloeibeekjes gezien worden. Onder de laatste speelt vooral de zwavelbacterie of Beggiatoa (zoogenoemd naar een Italiaansch plantkundige) een hoofdrol. Zij ontleedt de zwavelzure zouten, maakt de zwavel vrij, zet die in korreltjes in haar cellen af en verkrijgt daardoor haar gele kleur. Zij leeft in water van 150—165°. Hoogere temperaturen verdragen Leptothrix laminosa (135—185° F. = 58°—85° C.) en Phormidium (165° F.)

De gewone levensgrens voor planten ligt omstreeks 50° C. of 120° Fahr. Zoodra het water een lageren warmtegraad bereikt heeft, laat het den groei van eigenlijke wieren, met echt bladgroen, toe. Talrijke soorten, alle met een zeer eenvoudigen cellenbouw, worden dan aangetroffen. Zij behooren tot verschillende

geslachten, als Chroöcoccus, Gloeocapsa en andere; ja, zelfs enkele met onze gewone flab verwante soorten van Conferva, zijn in heete bronnen waargenomen. Het zou mij echter te ver voeren hier op de namen of de kenmerken dier wieren te willen ingaan. Zij bestaan meest uit kleine ronde of rondachtige cellen, die onderling tot draden en vliezen vereenigd zijn. Voor hun beteekenis voor de warme bronnen is vooral van belang dat zij in soms dikke slijmlagen gehuld zijn, en het is een zeer merkwaardige ondervinding, als men de allerbuitenste laag van de travertijn-massa niet alleen gekleurd ziet, maar ook op het gevoel als een zachte gelei gewaar wordt. Maar men moet zijn vingers daartoe steken in water dat zoo heet is, dat men zich branden zou als men er even te lang in bleef.

Al deze wieren nu maken samen het travertijn. En daar de eene soort draadvormig en de andere vliezig is, de een in opstaande lijsten en de ander in vlakke overtreksels groeit, daar er verder in stil water meer opstaande koraaltjes en in stroomend water meer lange draden ontstaan, en er allerlei andere kleine verschillen in hun levenswijze zijn, kan men de eigenaardigheden van randformatie en bassinvorming, van stalactieten en orgelpijpen en van allerlei andere zeer fraaie trekken gemakkelijk verklaren. Ik wensch dit echter uit te stellen tot de beschrijving van enkele der merkwaardigste bronnen.

Over den oorsprong van het heete water wil ik kort zijn, te meer omdat ik daarop bij de bespreking der geysers uitvoerig terugkom. Op de hoogere bergen valt de regen, en het water wordt voor een deel in den humusachtigen bodem der bosschen teruggehouden. Hier belaadt het zich met het koolzuur dat in dien

humus rijkelijk ontstaat. Een volgende regenbui doet het in den ondergrond verdwijnen, waar het door de spleten in de rotsen ver in de diepte kan komen. Bestaat nu dit rotsgesteente uit kalk, zoo belaadt zich het koolzuurhoudende water daarmede, terwijl het verder vloeit. Dringt het in lagen die door de onderaardsche warmte tot 100° C. en hooger verwarmd zijn, zoo kan het die temperaturen aannemen, en dus, als het later weer te voorschijn treedt, dit doen in den vorm van heete bronnen. Deze beweging van het water is, afgezien van de temperatuurverschijnselen, geheel overeenkomstig met wat elders, vooral in streken van kalkgebergten, gezien wordt. Iedereen weet dat in de Grotte de Han de rivier aan de eene zijde den berg instroomt, om door de onderaardsche grotten, gangen en spleten, aan de andere zijde weer te voorschijn te komen. Op dezelfde wijze verzamelen zich de wateren van Mammoth Hot Springs voor een groot deel in onderaardsche spleten, en bij het terras van Cleopatra kan men ze, zooals ik reeds gezegd heb, rechtstreeks daarin zien verdwijnen. Al dat water, dat tijdelijk aan de lucht geweest is, als het ware met het doel om zijn kalk af te zetten, verzamelt zich tot een onderaardschen stroom, die dwars onder de bergen door, met een verval van 200 meters en over een afstand van meer dan een mijl naar de Gardiner-rivier stroomt om zich daar als een waterval van heet water in dien hoofdstroom uit te storten. Die watervallen worden aan de toeristen onder den naam van Boiling-river [1]) vertoond.

Een zeer belangrijk punt is de vraag, waar de kalk vandaan komt. En wel vooral, waar zooveel kalk

---

[1]) Kokende Rivier.

vandaan komt dat een gebergte van enkele mijlen gaans en van een hoogte van honderden meters daarvan in den loop der tijden kan zijn opgebouwd. Natuurlijk moet een ongeveer even groote rotsmassa daartoe opgelost en weggevoerd geworden zijn. Geheele gebergten moeten verbruikt zijn, om het materiaal voor de nieuwe travertijn-bergen te leveren. Dit is, hoe onverwacht misschien voor sommige lezers, toch een uiterst eenvoudige en volkomen zekere gevolgtrekking. Maar verder kan men zeggen, dat die oplossing in de diepte en niet aan de oppervlakte is geschied, daar het water zich daartoe steeds eerst in de humus-lagen van koolzuur moest voorzien. Er moeten dus uitgestrekte grotten ontstaan zijn, zooals die trouwens bijna overal in kalkgebergten worden aangetroffen. Wellicht bestaan er in den omtrek van Mammoth Hot Springs nog dergelijke grotten, en wellicht vormen zij, met hun stalactieten en stalagmieten, even groote wonderen als de Hot Springs zelven. Maar zij zijn nog niet ontdekt, en daar de zorgen voor het behoud van het park voor diepgaand onderzoek niet bevorderlijk zijn, zullen zij wellicht nog lang onbekend blijven.

Zulke uitgestrekte grotten echter, als hier noodig geweest zijn, zullen wellicht gevolgd zijn door instortingen, die hun wanden en gewelven in groote steenblokken omlaag wierpen. Men zou dan een berghelling krijgen, overladen met huisgroote blokken, scherp gebroken en niet afgerond, uit lagen van kalk bestaande en nu eens met de lagen schuin, dan weer met de lagen vertikaal neergeworpen, te groot en te talrijk om op die wijze door een gletscher te zijn vervoerd. Werkelijk vertoont men u, op den rijweg ten zuiden van Mammoth Hot Springs, zulk een terrein. Een klein

halfuur rijdt men tusschen die gevallen reuzen door. Het is de streek bekend als „Silvergate and the Hoodoos." Silvergate [1]) om de glinsterend witte kleur der rotsblokken, die ter weerszijden van den weg op elkander gestapeld liggen. Hoodoos om de vreemde vormen, die in de avondschemering op sommigen den indruk van rondzwervende berggeesten kunnen maken. Over meer dan een halve vierkante mijl liggen deze blokken op de helling van den berg, als ruïnen van ongeziene trotsche zalen en gewelven.

Van de plaatsen die men bezoekt, is alleen Mammoth Hot Springs op kalkgebergten gelegen; verder gaat de reis over en tusschen de vulkanische gesteenten, wier hoofdbestanddeel geen kalk maar kiezel is. Al de geysers en al de warme bronnen van het park, behalve deze eene groep, hebben dus kiezelhoudend water; zij zetten sinters af en geen travertijn.

Daarmede is echter ook de boomgroei en de flora een andere, evenals ook in Europa de kalkstreken gemakkelijk aan zeer bizonderen, meest zeer bloemrijken plantengroei te herkennen zijn. De zwarte den, die elders de bosschen vormt, is hier zeldzaam; de soorten die elders zeldzaam zijn, vormen hier het eigenlijke bosch. De gewone boomen zijn hier de witte den, Pinus flexilis, met naalden in bundeltjes van vijf, met een witte schors en met kegels zoo groot als onze zeeden. Het is een heel werk voor een eekhoorntje zulk een kegel af te knagen; ik zag er een daarmede bezig, terwijl ik vlak bij hem bleef staan. De sparren zijn hier vooral Pseudotsuga mucronata of de Douglas-spar, met kleinere kegels met zeer fraaie aanhangsels aan de

---

[1]) Zilverpoort.

schubben. Als onderhout vindt men, manshoog en tot heele boomen opgroeiend, den rooden ceder of Juniperus virginiana, en verder een Elaeagnus met roode maar bittere bessen, een kruisbes met kleine, sterk zure bessen, een heesterachtige boschbes, gelijkende op den Vaccinium uliginosum, den kruipenden ceder of jeneverbes, Juniperus Sibirica, en een groot aantal kleine bloemplanten, die in Augustus echter grootendeels reeds uitgebloeid waren.

Ik geef thans eene beschrijving van mijne eigen waarnemingen over den groei der wieren, en de wijze hoe zij de terrassen en de formatiën voortbrengen. Slechts een drietal dagen kon ik de bronnen bezoeken, en mijn bespreking is uit den aard der zaak onvolledig en oppervlakkig. Maar ik hoop, dat zij voldoende moge zijn, om aan mijn lezers een denkbeeld van dit hoogst merkwaardige verschijnsel te geven, waar de opbouw van rotsen en bergen het resultaat is van de nog steeds voortgaande werkzaamheid van het plantenleven.

Verhit door de onderaardsche warmte en bezwangerd met kalk komt dus het water in de Mammoth Hot Springs te voorschijn. Door talrijke spleten komt het omhoog om over de oppervlakte weg te vloeien of vijvers te vormen, die door haar helder, donkerblauw water het oog boeien. In het midden van zulk een vijver of soms ook aan den rand, ziet men de heete bron, die opborrelt en kookt en zoodoende het water van den vijver verhit. Dit verdampt snel en dichte nevelen hangen over het watervlak of worden door den wind weggedreven. Onaangenaam warm als men te dicht in hunne nabijheid komt, zijn die nevelen nog op verren afstand zichtbaar.

Het water koelt natuurlijk allengs af, snel waar het

in een dunne laag over den grond wegvloeit, langzaam waar het als kokende beekjes stroomt, of in de vijvers en holten blijft staan. Bij dat afkoelen zet zich de kalk af, vooral ook omdat zij opgelost is door middel van koolzuur, dat uit het heete water verdampt. Maar de eigenaardige structuur van de oppervlakte der heuvels, waaruit deze bronnen te voorschijn komen, is niet aan die eenvoudige afzetting te danken. Integendeel, zij is het werk van levende planten, kleine, maar in geweldige massa voorkomende wiertjes, die de kalk in hun weefsel vast doen worden en zoo als het ware zichzelve doen versteenen.

Van die wieren zijn de meeste bruin, andere zijn groen in verschillende tinten, van licht geel-groen tot helder groen en donker smaragd-groen. Al die kleuren ziet men op de door het heete water bevloeide vlakken in de bontste mengeling. Daarenboven komt nog een kleurloos of hoogstens bleek geelachtig gewas voor, dat geheel andere eigenschappen heeft en ook een geheel andere rol speelt. Het groeit in bundels van lange, slappe, in de stroompjes heen en weer wiegelende draden.

Deze twee groepen zijn in vele opzichten verschillend. De eerstgenoemde, die de randen der bassins vormen en die ik dus randwieren zal noemen, leven bij temperaturen die wel hoog zijn, maar die toch door vele andere planten, zij het soms ook slechts tijdelijk, kunnen verdragen worden. Het zijn, zooals ik reeds zeide, temperaturen van 45—50° C. en lager. Ik zal water van die temperaturen warm noemen en wat daarboven is heet. Wel is 45—50° zeer warm en brandt men zijn vingers als men ze er een poosje in houdt, maar het is een gemakkelijke wijze om een duidelijk verschil te

maken. In wat ik heet water noem sterven nagenoeg alle planten en ook vele randwieren. Maar daarin kunnen de draadwieren leven en wel tot graden, die soms vrij dicht bij het kookpunt van water komen. Dit kookpunt is hier trouwens, zooals ik reeds zeide, veel lager dan bij ons. Het is dus een zeer bizondere en in het plantenrijk zeldzame eigenschap, die de draadwieren in staat stelt in dit heete water te leven.

De randwieren verdienen dien naam om de wijze waarop zij groeien. Deze groei toch is de oorzaak van de geheele formatie en vooral van het ontstaan van terrassen. De wieren groeien op den bodem der vijvers als erwtgroote geleiachtige vlokken, soms iets grooter wordende en gekleurd al naar gelang van de soort. Hier en daar zag ik die vlokken aan de oppervlakte drijven, tengevolge van kleine gasbelletjes, die de zuurstof bevatten, welke zij uit het koolzuur vrij maken. Soms hangen zij in een dichte laag tegen het watervlak aan. Ik zag dit vooral in Bathing lake, dat een vrij groot meertje is, waarvan de heete bron op een plaats aan den rand ligt. Op de meest verwijderde plaatsen is het water dus vrij koel en gaat de ontwikkeling der wieren langzaam, zoodat men de verschillende processen goed kan volgen.

Zet nu zulk een wierkogeltje kalk af, doordat het het oplossingsmiddel der kalk, het koolzuur verbruikt, dan wordt het allengs zwaarder en zinkt het op den grond. Zinkt het diep, dan zal het de voorwaarden van zijn groei moeilijker vinden; is de plaats ondiep, dan zal het sneller groeien. Dit groeien bestaat dus in dubbele werkzaamheid van grooter worden en verharden. De meest ondiepe plaatsen zijn natuurlijk bij den rand, en zoo ontstaat langs den rand een soort

van levende wal, die voortdurend groeit. Men heeft berekend, dat zulk een wal omstreeks 1 cM. in een maand hooger kan worden. Dit zal ten slotte er toe leiden, dat de rand boven het water gaat uitsteken. Maar de bron voert voortdurend meer water aan, en dus zal het water over den rand heen vloeien. Aanvankelijk is dit voor den groei van den rand gunstig, maar de rand kan onmogelijk overal even hoog blijven. Zoodra de lijn ongelijk wordt, vloeit het water bij voorkeur of uitsluitend over de lagere gedeelten, en zoo worden deze verhoogd. Op die wijze worden verschillen in de hoogte van den rand steeds door den groei der wieren zelven vereffend en groeit dus ten slotte de rand gelijkmatig omhoog.

Tevens groeit de rand sneller dan de wieren op den bodem van den vijver en dit heeft ten gevolge, dat de vijver allengs dieper wordt. Feitelijk wordt hij niet dieper, daar zijn bodem steeds hooger wordt, maar aangezien de rand sterker toeneemt, wordt toch de waterlaag langzamerhand dikker.

Dit beginsel van randvorming ziet men op de terrassen van de Hot Springs overal en in alle graden ontwikkeld. De meest eenvoudige en ook meest algemeene wijze is de vorming van verheven ribbels. Vloeit het kalkhoudend water over een zachte helling omlaag, zoodat het nergens blijft staan, dan bekleedt zich die helling geheel met de beschreven wieren. Eerst gelijkmatig, maar weldra uit zich de neiging om randen te maken en groepeeren zich de wieren in kronkelende en ineenslingerende lijnen, die het oppervlak in kleine mazen verdeelen. Deze mazen zijn dikwijls kleiner dan een gulden, en altijd smal en links en rechts in punten uitloopend, want de dammetjes staan dwars op de

richting waarin het water vloeit. Dit is juist de grondslag voor het maken van randen. Men kan gerust zeggen dat de geheele rotsmassa, die eenige bunders bedekt, met dit fijne netwerk overtrokken is. Men ziet het overal, waar het water in een dunne laag over de oppervlakte stroomt, hetzij deze zwak helt of steil omlaag gaat of zelfs een vertikalen wand vormt. Men ziet het in allerlei kleuren, meestal bruin en roodbruin, soms in de verschillende tinten van groen.

Waar thans geen water vloeit, heeft dit vroeger gevloeid en is de oppervlakte met dezelfde ribbels dicht bedekt. Het is als een soort van fluweel. Blijft een gedeelte echter lang droog, dan slijt het oppervlak, deels door regen, deels door plantengroei, deels, en misschien vooral, door de menschen die er op loopen. Het wordt dan tot een krijtwitte, poederachtige massa. Maar dit slijten gaat niet zoo snel, of overal vindt men langs de voetwegen en ook er op, de sporen van de opstaande randen.

Het is gemakkelijk te begrijpen, hoe een rand allengs in een terras verandert. Het doet er niet toe hoe groot de vijver is, maar de meeste dier vijvertjes zijn slechts enkele vierkante meters groot. Vloeit nu het water nu eens hier dan weer daar over den rand, dan is de rand de plaats van den snelsten groei. Het water wordt er als het ware even opgehouden door de glibberige, geleiachtige wiermassa, die er de kalk en het koolzuur grootendeels uithalen. Dan vloeit het water over den rand heen, loodrecht naar omlaag en dus veel sneller; daarenboven heeft het niet meer zooveel kalk in oplossing. De groei der wieren over die loodrechte vlakten gaat dus slechts langzaam, en terwijl de rand jaarlijks zeer merkbaar hooger wordt, groeit de wand onder hem

haast niet aan. Men ziet nu, hoe dientengevolge de rand vertikaal omhoog groeit, en dit is dan ook een algemeen karakter, zoowel voor de tallooze handhooge randen, die overal op de hellingen voorkomen, als voor die eigenaardige terrasvorming, die zoozeer de aandacht trekt. Horizontale terrassen met vertikale wanden staan boven elkaar op de oude heuvelhelling, die zij in een reuzentrap, met treden van een meter en meer veranderen. Maar elk terras is een vijvertje, dat wel allengs zijn bodem met nieuwe kalkwierlagen bedekt, maar toch, zoolang alles levend blijft, met water gevuld blijft.

De vertikale wanden van die terrassen zijn soms uiterst fraai. Meest wit of zeer licht bruin, omdat de groei der wieren er slechts langzaam is, en altijd met de tallooze dwarsribbeltjes bezet, die van nabij beschouwd week en bros, d.w.z. geleiachtig en met kalkkorrels doortrokken, en niet zelden rose van kleur zijn. Soms is de loodrechte wand overigens vrij vlak, soms echter ook gevormd als een orgel, met tallooze pijpen, of liever als een reeks van afhangende stalactieten op dunne en steile stalagmieten rustende. Want in hun midden vertoonen deze kolommen dikwijls eigenaardige versmallingen.

Hier en daar ziet men de levende, nog vochtige terrassen met de warme bron of groep van bronnen die ze voedt, alles nog in vollen groei en in krachtige werking. Deze zijn het voornamelijk, die met bizondere namen worden aangeduid, en waarheen de bezoekers bij voorkeur worden geleid. Maar er zijn tallooze terrasvormingen die geheel droog en dood zijn, en waarin de vijvertjes nu eens nog diep, dan weer met afval en stuivende kalk aangevuld zijn. Ook slijten de wanden

en de randen allengs, en gaat dus het fijne en sierlijke op den duur verloren. Heeft men eenmaal echter het verband tusschen die droge en de nog vochtige terrassen goed begrepen, dan vindt men dezelfde formatie op dezen geheelen berg telkens en telkens weer terug.

Het warme water komt door spleten in de onderliggende rotsen omhoog. Elk gesteente is min of meer gespleten, maar het vermogen van water, om zoo het voldoende koolzuur bevat, een overeenkomstige hoeveelheid kalk op te lossen, maakt hier de spleten waarin het water loopt allengs wijder. Het worden geheele kloven en grotten. Trouwens alle kalk die hier op de oppervlakte wordt afgezet, moet ergens in de diepte zijn opgenomen. Vloeit het water nu uit zulk een spleet, hetzij in een vijver, hetzij over een helling, dan ondergaat die spleet voortdurend verandering. Want het oplossen van kalk verbrokkelt het gesteente, en doet blokken invallen. Zoo kan men zich voorstellen dat vroeg of laat een spleet verstopt raakt. Het water moet dan een anderen uitweg zoeken; de formatiën van de vroegere spleet drogen uit en groeien niet meer, en elders beginnen nieuwe zich te vormen. Dit kan natuurlijk gebeuren buiten het tegenwoordige gebied der gewone werkzaamheid, en dan krijgt men zulke geïsoleerde kraters als bv. den oranje-geyser, dien ik straks nader beschrijven zal. Of het gebeurt binnen het oude gebied, en de afgezette lagen worden door nieuwe barsten geopend.

Daartoe bestaat trouwens alle gelegenheid. Want de werkzaamheid der randwieren leidt niet tot de vorming van een compacte rotsmassa, maar tot het ontstaan van dunne, meest niet meer dan vingerdikke schalen en lagen. Overal waar de grond afbrokkelt kan men

dit zien. Het is waarschijnlijk een gevolg van de periodische werkzaamheid, die zelf weer een gevolg is van het feit dat het water over den wierenrand nu eens hier en dan weer daar overvloeit.

De beschreven oorzaak moge de meest algemeene zijn voor de kleine spleten tusschen de schalen, voor de grootere en zeer groote spleten geeft zij geen voldoende verklaring. Deze moet gezocht worden in de neiging der randwieren om niet alleen vertikaal omhoog te groeien maar ook horizontaal over den vijver heen zich uit te breiden. Drijvende wiertjes aan den rand, die niet gaan zinken als zij zich met kalk beladen, maar aan den rand aansluiten en met dezen allengs vast worden, zijn het begin van deze vorming. Zij groeien op de wijze van die paddestoelen, die men zoo dikwijls uit rottende boomstammen ziet uitgroeien als platte korsten met een opbouw uit evenwijdige kringen. Hun rand is dan de laatste en jongste kring. Zoo is het ook hier. Dezelfde zonen ontstaan, met een witte rand en bruine binnenkringen in allerlei tinten. Op Minerva-terrace ziet men een bron, als een helderen blauwen en vrij diepen vijver, door een aantal stellen van zulke horizontaal groeiende randen omgeven; de meer verwijderde zijn ontstaan, toen het water nog hooger stond, en die aan het water grenzen natuurlijk het laatst.

Deze horizontale groei neemt nu soms zeer aanzienlijke afmetingen aan. Ik zag daarvan verscheidene bewijzen. Het fraaist was echter een warme bron, vóór en lager dan het Minerva-terrace. Het water was weder helder en donker blauw, de vijver had verscheidene meters in omtrek en in zijn midden borrelde het kokende water omhoog. Maar dat midden was volgegroeid,

er stond een kleine krater met een centrale holte waaruit stoom en water kwamen. Rondom was die krater ver uitgegroeid tot een vlies, dat over het water zich uitbreidde. Aan de eene zijde had dit vlies den rand van den vijver al bereikt. Gelukkig was alles nog overvloeid en in vollen groei, in witte en bruine en groene kringen. Want het was een broos oppervlak, dat bij betreden in zou zakken en plaats maken voor het kokende vocht. Doch het betreden van al deze natuurwonderen is verboden.

Aan de andere helft van dezen vijver was het middenvlies over het water heen tot bijna aan den rand gekomen, een waterlijn van 10—40 cM. breedte vrij latend. Door deze lijn heen kon men in de diepte kijken, en ook de groene vlokken van wieren aan de onderzijde van het vlies zien.

Het vlies was aan den rand nog papierdun, doch naar het midden toe veel dikker, het groeide van boven en van onderen gelijkmatig aan, en het scheen niet lang meer te behoeven te duren, voordat deze vijver rondom gesloten zou zijn.

Wordt nu vroeger of later de toevoer tot zulk een bron afgesloten, dan blijft de spleet. In grootere vijvers kunnen zulke spleten veel langer worden. Overal in het droge gesteente vindt men die spleten. Hier en daar zijn ze ingetrapt of door een andere oorzaak geopend zoodat men ze zien kan. En van zeer kleine tot zeer groote spleten ziet men alle overgangen. Overal vindt men ze, meest in schuine richting omlaag gaande. Cupid's Cave is zulk een spleet, die zijdelings in een loodrechten wand wijd openstaat, en Devil's Kitchen is er een, die ik reeds genoemd heb en die enkele tientallen meters lang is en omstreeks 13 meter diep.

Van ons gezelschap klommen een aantal personen langs ladders in deze spleet af, die juist wijd genoeg daarvoor was. In zulke spleten is onderaan niet zelden een koolzuurrijke lucht aanwezig, die vogels en andere dieren kan doen verstikken en op bepaalde bronnen van koolzuur wijst. Trouwens koolzuuruitwasemingen uit den grond gaan zeer dikwijls met vulcanische werkingen gepaard.

Hoe dik de kalkafzettingen van deze wieren zijn, vond ik niet opgegeven. Gewoonlijk meent men, dat de geheele berg zóó ontstaan is, en overal in den omtrek vindt men sporen van denzelfden bouw uit dunne lagen en schalen. De afzettingen liggen echter op het uiteinde van een uitlooper van een heuvelenreeks, en zijn dus waarschijnlijk op een heuvelkam ontstaan.

Om op de vliesvorming op de oppervlakte van het water terug te komen, merk ik op dat dit vlies, zoover het met het heete water in aanraking is, bijna altijd geheel wit is. Dit wijst er op dat het niet de randwieren zijn, die het grootste aandeel aan den snellen groei van dit vlies hebben, maar de draadwieren. Men ziet dan ook dikwijls een draderige structuur, de draden loopen evenwijdig en naar den rand toe, zoodat de lengtegroei van elken draad tot de voortzetting van den rand bijdraagt. Op enkele plaatsen zag ik zoo van één punt uitgaande een waaier van draden over de oppervlakte uitstralen. Of liever over wat de oppervlakte geweest was, want de watertoevoer was, tijdens mijn bezoek, zoo klein, dat het vijvertje droog was. De bodem was vlak en bezaaid met koraalvormige wiergroepen, wit van de kalkmassa waarin zij zich gedompeld hadden. Het waaiervormige dradenvlies lag rustig op die koraaltjes. En dicht er bij waren der-

gelijke vormingen, deels jonger en nog bevloeid en groeiend, deels onder en ten deele vergaan. Zulke fijne vormingen moeten wel vernietigd worden als zij door een hagelbui met grove hagelsteenen getroffen worden, zooals op den avond na mijn bezoek. En eveneens moeten de herhaalde heftige regens en onweersbuien veel tot het afslijten bijdragen.

Vele spleten zag ik in de droge gedeelten. Maar een aantal vond ik ook op de bevloeide plaatsen, en dan daalde het water in een dikken stroom in de spleet af, om in den ondergrond te verdwijnen, en waarschijnlijk, met nieuwe kalk beladen, elders weer voor den dag te komen. Zoo bijvoorbeeld aan Marble-terrace.

De fraaiste vijvers zijn die van het Jupiter-terrace. Het zijn twee groote diepe vijvers van prachtig donker blauw water, dat zoo heet is, dat het de boven beschreven dampen en nevels geeft, en dat overal in de vijvers, die tientallen van quadraat-meters groot zijn, de bodem en binnenranden zuiver wit zijn, en dus geen randwieren maar slechts draadwieren bevatten. Over de randen vloeit het water deels loodrecht omlaag, aan de andere zijde echter over een uitgebreide vlakte, waar het groote terrassen met lage randen maakt. Hier koelt het voldoende af, om den geheelen bodem zich met bruine en groene wieren te doen bedekken. Vallen in zulke koelere vijvertjes naalden of geheele takken van dennenboomen en roode ceders, dan worden die allengs met wieren overgroeid en met een kalklaagje omkleedt evenals bij ons in het meertje van Rockanje. Kunstmatig ingebrachte voorwerpen kan men op deze wijze ook laten incrusteeren. Verderop is het water soms zoover afgekoeld, dat grassen en lage soorten van biezen er aan groeien kunnen.

De eigenaardige groeiwijze der randwieren geeft nog tot een ander merkwaardig verschijnsel aanleiding, als namelijk de randen zeer hoog worden. Het zijn de kegels en schoorsteenen. Kegels heeten zij als de holte betrekkelijk klein is, schoorsteenen als die in verhouding tot den rand groot is. De namen hebben betrekking op de droge toestanden, maar men vindt dezelfde gevallen ook met een warme bron er in. Een schoorsteen van omstreeks een meter hoogte wordt den toeristen vertoond, en kegels ziet men op verschillende plaatsen.

Als de travertijnrotsen lang droog zijn en verweeren, herneemt de plantengroei zijn rechten. Eerst komen gras en kleine bloemplanten, daarna komen heesters en boomen, en geheele bosschen van den Yellowstoneden (Pinus Murrayana) staan op dezen berg. Maar als zich dan dicht bij en iets hooger dan het bosch een nieuwe spleet opent, en haar heete water over den grond van het bosch uitspreidt, kan zij het geheele bosch dooden. Niet door de warmte van het water, want dat is op dien afstand van de bron voldoende afgekoeld om onschadelijk te zijn. Maar omdat de grond met een verhardende korst van kalk wordt bedekt, die ten slotte den bodem geheel van de lucht afsluit zoodat daaronder de wortels sterven, en dus ook de boomen te gronde gaan. Angel's terrace is een droevig voorbeeld van dit geval, daar hier honderden groote dennenboomen geheel dood en kaal op den kalkgrond staan. Soms bereikte de kalklaag hunne onderste takken, maar soms liet zij den voet der wortels aan de stammen onbedekt, zoodat men gemakkelijk zien kon, dat zelfs een zeer dunne laag zóó moorddadig kon werken. Aan de randen van deze plaats zag ik de

stervende en half gestorven boomen, die een toenemende uitbreiding van het euvel aanduidden. Merkwaardig vond ik het voorkomen van onze gewone europeesche blauwe klokjes (Campanula rotundifolia), die hier, te midden van die vreemde verschijnselen en die geheel bizondere flora, weelderig bloeiden en een aangename herinnering aan onze heiden boden.

In een der boschrijke valleien achter de heuvelengroep, waarop de voornaamste bronnen der Mammoth Hot Springs gevonden worden, staat een groote kegel van travertijn, die den naam draagt van Orange-Geyser. Deze naam zou allicht doen vermoeden, dat men hier te doen had met een formatie, zooals die in de eigenlijke geyserbassins gevonden worden, en dat deze bron dus op dit gebied niet thuis behoorde. Men zou meenen dat zijn wateren kiezelzuur bevatten en dus sintel afzetten, terwijl de opgeloste stof in werkelijkheid hier koolzure kalk is, evenals in alle bronnen van deze omgeving. Ook springt de bron niet hoog op, zooals men het van een echten geyser verwachten zou.

De kegel is stomp en van boven min of meer vlak. De kleur is aan de eene zijde krijtwit, aan de andere bruin en grijs; de eerste zijde is thans droog, en de kleuren der laatste worden door het overvloeiende water onderhouden. Op den vlakken top bevindt zich een bekken met water, in welks midden een bron kookt. Van uit het dal kan men dat niet zien, maar men hoort het geluid duidelijk en ziet de dampen opstijgen. Ik ben op een der bergen die het dal omgeven geklommen om het bekken te zien; het neemt slechts een klein deel van de topvlakte in.

Die bron schijnt uit een opening van een onder-

aardsche spleet te komen, want aan de eene zijde van den hoogen kegel is een lage afzetting van travertijn, die den vorm van een vlakken heuvelrug heeft, op zijn kam een aantal kleine openingen en barsten dragend, waaruit heet water te voorschijn komt. Die lijn is slechts een twintigtal passen lang, en even groot is de afgezette kalkmassa, die links en rechts van haar den grond bedekt. Deze formatie is vrij gelijkmatig van oppervlakte, zoodat zij bijna overal door het afvloeiende water bevochtigd wordt. Het kwam mij belangrijk voor, deze openingen nader in oogenschouw te nemen en eenigszins uitvoerig te beschrijven, omdat zij veel kleiner zijn dan die der meeste andere heete bronnen, en te zamen een typisch beeld van den bovenrand van een onderaardsche barst geven.

De opening, die het verste van den hoofdkegel gelegen is, is zoo groot als een vuist, en aan drie zijden met korsten van bruin en groen verkalkt wier overgroeid; het water, dat er in vrij groote hoeveelheid uitstroomt, is zeer heet. Vlak er naast staat een kegeltje met een opening zoo wijd als een vinger dik is, maar dit is nu droog. Het water uit de vuist-groote opening kookt met tallooze bellen op en vloeit dan omlaag in een smal stroompje. Daarin groeien de witte of bleekgele draadwieren in drie of vier bundels, wiegelend in den kleinen heeten, snelvlietenden stroom. Men brandt zijn vingers als men de wieren er uithaalt. Iets verder op vindt men zulke draden, die afgebroken en dus weggevoerd zijn, maar tegen een scherpen hoek van den rand zijn blijven hangen. Allengs koelt het water natuurlijk af, en weldra is het zooveel lager in temperatuur geworden, dat de groene en bruine wieren er in kunnen leven. Het beekje is dan breeder en

minder diep geworden, en loopt over korsten van levend travertijn in allerlei kleuren, met een slijmerige, maar allengs verkalkende oppervlakte.

Volgt men de vermoedelijke barstlijn, dan vindt men, ongeveer een meter verder en iets hooger op, een vin gerdikke opening, waaruit voortdurend groote dampblazen komen, die de opening telkens afsluiten. Er vloeit maar weinig water uit, doch ook daarin groeien de witte draadwierbundels. Het water verspreidt zich dan en is juist voldoende om een aanzienlijk deel der oppervlakte vochtig en warm te houden. Daar groeien de bruine en groene korsten, nog geleiachtig en bros, brekend bij het aanraken. Enkele voetstappen van vroegere bezoekers maken er kleine meertjes, waarin het water blijft staan; in de hoogste en warmste groeien de bleeke draadwieren, in de lagere de bruine en oranjegekleurde soorten.

Een halven meter verder, op de overigens gesloten barstlijn, komt weer een vuistgroote opening, die wat hooger op het heuveltje ligt, en dus een sneller afvloeiend stroompje geeft. Die stroom is aan den rand zwart, in 't midden draderig wit, beide door de wieren die er in groeien.

Nu stijgt de heuvelrug sneller en over een afstand van een meter liggen nog een vijftal dergelijke bronnetjes, elk met een wit of zwart stroompje, omgeven door een bruinen rand. Hooger op de lijn worden de vingergroote openingen talrijker en moeilijk te tellen, soms vloeien zij tot groepen inéén. Maar de beekjes en afzettingen zijn dezelfde. Een 25-tal zulke gaatjes liggen op een paar meter bijeen, een smalle lijn vormend. Dan volgt een duimdikke bron, die zijn water een hand hoog opspuit en in een bocht omlaag laat vallen.

Rondom de opening en de plaats waar het water valt, vormen zich korsten, die aan den warmwaterkant wit, doch aan de andere zijde bruin zijn.

De groep der actieve bronnetjes wordt thans afgewisseld door een onwerkzamen kegel, die een hand hoog boven het oppervlak uitsteekt, en de meeste andere dus in grootte overtreft. Water kon ik in de holte niet zien, doch ongetwijfeld was dit in de diepte voorhanden.

Op dezen kegel volgt een spuitbronnetje, dat zoo dik is als een pink en door een gekorrelden rand omgeven. Het werpt groote druppels water omhoog, die telkens met bellen kokenden waterdamp afwisselen. De druppels vallen buiten den rand op de kalkafzetsels, die daar en vlak langs den rand wit zijn, maar op zeer kleinen afstand eene bruine kleur aannemen. Want daar helt het oppervlak sterk en vloeit dus het water snel in een dunne, verkoelde laag weg.

Nu komen weer, altijd in de richting van den geyserkegel, een tiental vingerdikke gaten waarin het water kookt; zij vormen een kleine groep met een gemeenschappelijken rand, die echter aan de eene zijde van onderen gebarsten is, zoodat het heete water niet over, maar onder den rand afvloeit. Het is een handbreede spleet, die een even breed stroompje geeft, dat weer een zwarten bodem heeft en vol is met slingerende, bleekgele draden. Aan de randen groeien allengs korsten van bruine en witte wieren over het water heen; zij groeien van onderen sneller aan, daar zij aan de bovenzijde dikwijls droog worden, en hechten zich dus meer en meer aan de onderlaag vast, de bedding van den stroom vernauwend.

Eindelijk volgt nog een veel grootere opening. Het is

een kegel zoo groot als een hoofd, die van boven en aan de eene zijde open is, en waaruit een breede stroom van heet water omlaag vloeit. Zwarte vliezen en witte draden wisselen elkaar in dit water af, terwijl allerlei fijne koraalvormige gewassen zich aan den voet van den kegel in het warme water bevinden. Verder op wordt de bodem van dezen stroom breeder en licht roestbruin van kleur, en bedekt hij zich met tal van wierlijsten en van lepelvormige uitsteeksels, die het water plaatselijk en tijdelijk tegenhouden, een ontelbare menigte van kleine bekkentjes vormend.

Boven dezen langen en breeden rug verheft zich de eigenlijke geyser-kegel nog drie meter hooger. Aan de beschreven zijde vloeit overal een dunne laag heet water over den rand, zwarte en witte en bruine strepen vormend, al naar gelang der wiersoorten. De bovenrand is afgerond door het overvloeiende water; daaronder vormen zich stalactieten, die als ribben vertikaal omhoog loopen. Dan volgt een gedeelte waar de kegel minder stijl is, en hier hebben zich vooral de randwieren genesteld, tal van terrassen, elk met een vijvertje, vormend. Sommige dezer terrassen zijn ook reeds volgegroeid en het water vloeit eenvoudig over den rand van het horizontale vlak heen. Soms zijn deze terrassen groot, en telt men er slechts een tiental boven elkaar, soms zijn zij kleiner en vindt men er twintig en meer bij dezelfde daling. Overal is de geheele oppervlakte met de kronkelende dwarsribben der bruine wieren dicht bedekt. Het is als het ware een fijngolvende bodem onder de dunne waterlaag.

Aan de tegenovergestelde zijde, de noordzijde van den kegel, vloeit, zooals ik reeds gezegd heb, tegenwoordig geen water meer af; hier en daar zijn zelfs

groote stukken er uit gevallen, zoodat men iets van de inwendige structuur zien kan. Daarbij blijkt, dat de opbouw voortdurend ongeveer op dezelfde wijze heeft plaatsgevonden, waarop nu de afzetting aan de oppervlakte nog voortgaat. Want de massa bestaat uit vingerdikke schalen, die los en met smalle tusschenruimten over elkander liggen. Die tusschenruimten correspondeeren met de perioden, waarop dat gedeelte van het oppervlak droog was, terwijl de schalen natuurlijk des te dikker zijn, naarmate de plek langer onafgebroken bevloeid geworden is. Bij het drogen is de donkerbruine kleur der vochtige en levende massa in een licht geelachtig bruin veranderd.

Rondom de beschreven formaties is een uitgebreid afvloei-terrein voor het water. Op dit terrein is alle vegetatie van andere planten dan wieren gedood, en het is met een travertijnlaag bedekt, die vlak bij den kegel vrij dik is, maar naar de randen toe dun uitloopt. Vlak langs den rand groeien echter allerlei planten, zoodat men precies zien kan, hoever de afzetting gegaan is. Onder die planten, die de oorspronkelijke flora van het dal vertegenwoordigen, komt vooral een lage soort van gulden roede vrij veelvuldig voor. Trouwens het geslacht der Solidago's of gulden roeden is in het geheele park, en verder over al de prairiën van het westen, aan de oostzijde der Rocky mountains, een der meest algemeene, zoowel wat rijkdom aan soorten, als wat de onafzienbare millioenen van individuen betreft. Verder vindt men langs den rand blauw bloeiende vlassoorten, gele Sedums, kleine Asters (een geslacht, dat in Amerika even rijk vertegenwoordigd is als de gulden roeden), immortellen, en aan den boschkant de kleine moeras-zonnebloemen.

Zoover de kalkafzetting gaat, zijn ook de boomen gedood. Het zijn de reeds genoemde „red cedars," een soort van jeneverbessen, die hier overal veelvuldig groeien. Rondom den voet van den kegel staan die boomen in groepjes, tot manshoogte en meer opgegroeid en op de armsdikke stammen rijk vertakt. Maar thans zijn zij zonder loof, geheel dor en kaal, en ten deele is reeds de schors afgestorven en afgevallen. Uit den kegel zelf steken de toppen van een zestal zulke stammen nog omhoog; zij moeten reeds eeuwen geleden, in het begin der formatie, gedood zijn, en zijn sedert langzamerhand onder de aangroeiende travertijn-massa bedolven geraakt. Wat daarboven uitsteekt is kaal en bestaat alleen nog maar uit de dikste takken; al het overige is vergaan, en ook de schors is sedert lang verdwenen.

Zijn deze stammen een treurig getuigenis van den strijd tusschen de kalkwieren en het oorspronkelijke bosch, iets verder op kan men dezen strijd nog in vollen gang zien. Hier zijn de roode ceders ten deele nog groen en vol bessen, ten deele dor en droog. Aan sommige is het gelukt den kalkhoudenden stroom tijdelijk af te wenden; de voorste stammen zijn in den strijd gevallen maar zij hebben de overige van het groepje beveiligd. Als een eilandje ligt zulk een plekje in den versteenenden stroom, en allerlei kleine planten hebben van de geboden beveiliging gebruik gemaakt, de plek tot een groenende en bloeiende oase in de kleine woestenij makend. Vooral een soort van distel en de Smilacina, die later in het najaar uiterst sierlijke trossen van roode besjes zal dragen, troffen mij hier, tusschen de zooeven reeds genoemde planten van den rand.

Behalve de roode ceders, die den kegel omgeven, ziet

men aan de nu droge voorzijde een paar hooge dennenstammen, wier voet ook reeds door het travertijn overdekt is, en die dus geheel dood zijn. Als kale pilaren met wijduitgespreide takken reiken zij boven den heuvel omhoog.

Het is duidelijk, dat deze geheele formatie van de vlakte van het dal uit is opgewerkt. Er moet zich in het bosch een onderaardsche spleet gevormd hebben, die in verband stond met de watermassa, die hier van uit de hooge bergen naar het eigenlijke terrein der Mammoth Hot Springs vloeit. Uit die spleet is het kalkhoudende water te voorschijn getreden, rondom kalk afzettend en de oude vegetatie doodend. De spleet moet ontelbare jaren en wellicht eeuwenlang op dezelfde plaats werkzaam zijn geweest, met één hoofdopening, die den grooten kegel gevormd heeft, en met een reeks van kleinere voor het vlakke heuvelrugje, dat ik beschreven heb.

Rondom heeft het dal den gewonen vorm, en zijn de hellingen met de gewone dennensoort dezer streek meest dichtbegroeid. In het dal is de beschreven spleet echter niet de eenige uitlaat voor het heete water geweest. Want een honderdtal passen verder op ligt een tweede kegel, veel lager en veel vlakker en breeder, maar zuiver kegelvormig. De hoogte bedraagt slechts een meter, maar de straal is verscheidene meters lang. In het midden, dus op den top van den vlakken kegel, ligt een uitgedoofde bron. Het is een kommetje vol water, iets kleiner dan een gewone waschkom. Dit water is lauw, en dus afkomstig van de onderaardsche spleten; ook ziet men in den bodem van het bekken een drietal gaten, waaruit dampen en luchtbellen omhoog bobbelen. De bodem van dit kom-

metje is met roodbruine wiervlokken bedekt, en dezelfde wieren, doortrokken met kalk en uitgedroogd, vormen klaarblijkelijk de geheele massa van den kegel, blijkens de lichtgrijze kleur.

De geheele, vlakke kegel is kaal, maar toch begint de plantengroei hier en daar zijne rechten weer te laten gelden, en mossen, grassen, enkele gulden roeden en wolfsmelken met nog een paar andere soorten hebben al enkele punten vermeesterd, om van daaruit zich allengs uit te breiden. Ook een immortelle zag ik er bloeien. Op de oppervlakte van den kegel ziet men nog duidelijk de sporen van de gekronkelde wierranden, die eenmaal ook deze formatie terrasvormig gemaakt moeten hebben. Maar het meeste is toch reeds tot puin en poeder vergaan, wellicht grootendeels door belangstellende bezoekers vertrapt.

Ook elders in de vallei zijn nog sporen van bronnen of onderaardsche spleten wier wanden zijn ingevallen, zoodat men dus in de diepte zien kan.

In een naburig dal had ik de gelegenheid nog beter te zien hoe zulk een travertijn-massa er van binnen uitziet. Daar vond ik een kegel, juist zooals die van den Orange-Geyser, maar klaarblijkelijk sedert lange jaren droog en onwerkzaam. Hij is drie meter hoog, van boven niet merkbaar veranderd, maar zijdelings afbrokkelend. Deze geheele kegel bestaat uit meest vingerdikke schalen, die van boven bijna horizontaal liggen maar dan ombuigen en loodrecht omlaag gaan. Zij zijn zoo los aan elkander verbonden, dat zij afbladeren en afschilferen. Op zijn buitenvlak vertoont elke schaal een stalactietachtige structuur, en waar de schalen dwars doorgebroken zijn is de inwendige massa helder wit en grof-poreus. Sommige schalen zijn

zoo dun als bordpapier, andere dikker, tot vingerdikte toe. Plaatselijk is de buitenvlakte van den geheelen kegel nog goed bewaard, vooral aan sommige zijden aan den voet, en hier ziet men haar bedekt door tallooze dwarsloopende ribbels, die thans grijs en droog zijn, maar die klaarblijkelijk door de bruine randwieren zijn gemaakt. Hoeveel eeuwen de wieren aan dezen kegel gebouwd hebben, is moeilijk na te gaan, maar alles pleit er voor, dat zij van den beginne af tot aan het einde op dezelfde wijze werkzaam geweest zijn. Uiterst eenvoudige beginselen brachten ook hier een rijke afwisseling in vorm en structuur teweeg.

II.

DE GEYSERS.

Verlaten wij thans de warme bronnen van Mammoth Hot Springs met hunne terrassen van kalksteen, om tot de eigenlijke geysers over te gaan. Deze liggen in het algemeen in de dalen tusschen de vulkanische gesteenten, en hunne afzettingen bestaan dan ook niet uit kalk maar in hoofdzaak uit kiezelzure gesteenten of silicaten. Deze formatie heet hier geyseriet, in tegenstelling met het travertijn der beschreven warme bronnen.

Hoogopspringende bronnen ziet men op het kalkterrein niet. De geysers zijn echter juist het meest bekend om de enorme hoogten waartoe sommige van hen het kokende water opwerpen.

Vanwaar die kracht, die stoom en water zoovele honderden meters omhoog kan werpen? Vanwaar dat vermogen, om een schijnbaar volkomen rust plotseling af te breken, om zulke geweldige verschijnselen voort te brengen, en dan weer, als of niets gebeurd ware, tot de vroegere rust terug te keeren? Het is de inwendige warmte der aarde, die dit teweeg brengt. Het zijn eenvoudig verschijnselen van koken, maar onder zeer bizondere omstandigheden. In een gewonen ketel bruist

en borrelt en spat het water op. Kon op een of andere wijze plotseling het koken versneld worden, dan zou ook het opspatten van waterdruppels plotseling toenemen, zij zouden talrijker en hooger opgeworpen worden. Zoo moet men zich de geysers voorstellen. Enkele komen uit een diepe spleet, waarin men tijdens de rust het water niet zien kan, maar kort vóór de uitbarsting komt het toch omhoog. De meesten echter komen uit een kleinen kom of vijver, die tot aan den rand toe gevuld is met water. Een volkomen helder, maar donkerblauw water, dat in schoonheid en aantrekkelijkheid voor dat der andere warme bronnen van het park niet onderdoet.

Men kan veilig zeggen, dat tusschen de voortdurend kokende bronnen en de machtigste geysers in de bassins van het Yellowstone-park alle overgangen voorkomen. Daarbij geldt de regel, dat gewoon kokend water betrekkelijk slechts weinig opspat, maar dat het opwerpen van hooge zuilen samenhangt met periodische rust. Hoe zeldzamer het opspatten is, des te hooger en des te machtiger kan het worden. De meest bekende geyser is de Old Faithful, die dien naam draagt, omdat hij, zoolang als men hem kent, nog nooit aan zijne belofte ontrouw geworden is. En die belofte, afgeleid uit een lange ervaring, is dat hij telkens, na ruim een uur, weer zal beginnen te „spelen," zooals de locale term luidt. Alle andere hoog opspuitende geysers van deze streek zijn zeldzamer in hun uitingen, zij werken elken dag eens, of om den anderen dag of om de 4 of 5 dagen. De tusschenpoozen van rust zijn wel ongeveer gelijk, voor elk van hen, maar toch niet zóó, dat men juist vooruit kan zeggen, wanneer het spel beginnen zal. Voor den reiziger, die



E. O. Hovey, photo.

Krater van den Old Faithful-geyser.

op elk bassin slechts eenige uren vertoeft, hangt het dus geheel van het toeval af of hij de verschijnselen zien zal of niet. Maar de Old Faithful laat hem nooit in den steek.

Vlak bij dezen geyser, op een afstand van omstreeks 300 Meters, is het hôtel gebouwd, dat zijn naam in de curieuse combinatie draagt. Het heet Old Faithful Inn, een naam, dien, buiten verband met de bron, menige Inn benijden zou. Het spel begint met het opstijgen van heet water uit de spleet en het overvloeien van groote hoeveelheden daarvan, terwijl voortdurend aanzienlijke hoeveelheden stoom in groote wolken in de lucht ontwijken. Heeft dit eenige minuten geduurd, dan begint het water sterker op te spatten, meters hoog en in verschillende richtingen schuin opstijgend, totdat ten slotte een zuil van wel twee voet in doorsnede tot een hoogte van 40—50 M. met geweldige snelheid omhoog stijgt. Deze zuil is echter, zoover ik zien kon, geen massieve waterkolom, maar gevormd uit een onnoemelijk aantal grootere en kleinere druppels. En de hoeveelheid water, die terstond daarna omlaag valt en den geheelen geyserkegel overdekt, komt met deze voorstelling goed overeen. Een uitvoerige beschrijving van dezen geyser en zijn spel zal ik echter eerst later geven.

Juist op dezelfde wijze werken de talrijke geysers die met tusschenpoozen van een kleiner of grooter aantal minuten opspuiten. Hier kan men alles meer van nabij en dus nauwkeuriger zien. Een, twee of drie meters spat het water op. Zorgt men dat men ten opzichte van de windrichting ter zijde staat, zoo kan men soms veilig vlak aan den rand blijven staan. Onder den wind zou men natuurlijk door de heete

stoomdampen omhuld worden, zonder snel genoeg een uitweg te kunnen vinden. Men ziet ook hier geen eigenlijke zuil van water. Uit de diepte van den helderen vijver stijgen plotseling groote stoomblazen in geweldig aantal op. Zij werpen het water dat boven hen is, en dat zij meevoeren met kracht omhoog, maar doen het daarbij snel en volkomen uiteenspatten.

De Ginantess [1]) speelt om de 12 uren, de Sawmill [2]) 5 of 6 maal daags, de Giant [3]) eens in de week, de Castle [4])-geyser met tusschenpoozen van omstreeks 30 uren, en zoo zou men voor al de grootere geysers een lijst van hunne werkzaamheid kunnen geven. De Giant, die het zeldzaamst werkt, is ook de hoogste, zooals zijn naam trouwens aanduidt; zijn water wordt tot ruim 80 Meter hoog opgeworpen, dus bijna de dubbele hoogte van Old Faithful.

Door dit overzicht van de kracht der uitbarstingen in verband met de lengte van de perioden van rust, komen wij tot de voorstelling, dat de machtige geysers gedurende die perioden eenvoudig hun kracht opsparen en ophoopen, om die dan, in den korten tijd van enkele minuten, op veel grootschere wijze te kunnen gebruiken. Als van zelf ontstaat dus de vraag, op welke wijze zij dit ophoopen kunnen tot stand brengen.

Natuurlijk kan men in het inwendige der aarde niet gaan kijken, hoe het water daar eigenlijk kookt, noch ook hoe de ketel of ketels er uit zien, waarin dit gebeurt. Kon men door boringen zoo dicht bij de bronnen komen, dan zou men toch waarschijnlijk hun regelmatige werking storen. Men moet dus uit gewone

---

[1]) De Reuzin, [2]) De Zaagmolen. [3]) De Reus. [4]) De Kasteel-geyser.

natuurkundige verschijnselen, in verband met den bekenden bouw der gesteenten, en den gewonen loop van het water, dat in artesische putten en in overeenkomstige natuurlijke bronnen omhoog komt, trachten een voorstelling af te leiden.

Zulk een voorstelling heeft de groote scheikundige Bunsen ontwikkeld en door laboratorium-proeven gesteund. Zij heeft algemeenen bijval gevonden, en hoewel door lateren hier en daar in de uitwerking wat veranderd is, is het beginsel toch steeds hetzelfde gebleven. Zoo groot is de vereering, die de bewonderaars der geysers voor Bunsen hebben, dat een der hoogste en fraaiste bergtoppen van het Yellowstone Park naar hem genoemd is. Het is de Bunsenpeak, de hoekige pyramidale berg, die vlak achter de Mammoth Hot Springs en tegenover de Terrace-mountains staat. De groote zijweg gaat tusschen hem en deze bergen door, en mijlen lang rijdt men rond om zijn voet, met het volle uitzicht op zijn rotsen en bosschen.

Om mij echter niet te zeer in theoretische beschouwingen te begeven, zal ik beginnen met een korte schets van de beweging van het water in den grond in gewone gevallen. Ik knoop daarbij aan aan den gedachtengang, dien ik reeds bij de bespreking der travertijn-bronnen van Mammoth Hot Springs gegeven heb.

Overal waar een kunstweg in het gesteente van een gebergte is uitgehouwen kan men zien, dat die steen niet gaaf is. Altijd is hij door spleten en barsten in verschillende richtingen in stukken gebroken. Men beweert dat nergens op aarde, noch aan de oppervlakte, noch in de diepte, een volkomen gaaf rotsblok van kubieken vorm met zijden van 3 Meters of meer zou te

verkrijgen zijn. Die barsten zijn onafhankelijk van den laagsgewijzen bouw en in het algemeen het gevolg van plaatselijke opheffingen en verzakkingen. In het lavagesteente van het Yellowstone Park komt daarbij het feit dat de lava bij het verkoelen natuurlijk sterk ingekrompen is Zij is daarbij min of meer regelmatig gebarsten, in het geval van de basalt zelfs zeer regelmatig in de bekende zeszijdige zuilen.

In die barsten ziet men somwijlen op de rotsen, maar meer nog op de zooeven bedoelde, bij het aanleggen van wegen kunstmatig gemaakte in- en doorsnijdingen, de wortels der planten doordringen. Dit is een studie op zichzelf, vooral omdat het een tastbare verklaring geeft hoe het komt, dat zoovele planten op schijnbaar naakt gesteente of op klaarblijkelijk uiterst droge hellingen leven kunnen. Meters ziet men de wortels omlaag dalen, en waarschijnlijk gaan zij nog veel dieper, maar de fijne takken en uiteinden zijn allicht beschadigd en gebroken en dus niet meer waarneembaar.

Langs denzelfden weg sijpelt natuurlijk het regenwater in het gesteente omlaag. Het moge in de humuslagen langeren of korteren tijd zijn opgehouden, alles wat niet verdampt, of niet als beken langs de oppervlakte afvloeit, zinkt weg in de spleten. Het verzamelt zich in de diepte. Ging het gesteente met denzelfden bouw onbeperkt door, allicht zou het water onbeperkt kunnen wegzinken. Maar de lava rust op krijtlagen, en deze weer op andere formatiën. Storingen in de beweging van het water moeten dus het gevolg zijn, en zoo de lagen eenigszins hellen, zullen zij het water in bepaalde richtingen afvoeren. Zoo ontstaan onderaardsche beken en stroomen en hun aantal en macht

is veel grooter dan men zich gewoonlijk voorstelt. Trouwens ook in ons eigen land speelt die onderaardsche beweging van het water een groote rol, een rol, die men thans, bij het aanleggen van waterleidingen hoe langer hoe meer waardeeren en bestudeeren gaat.

Loopt nu een laag in een berg zóo, dat zij met haar laagsten rand in een dal uitkomt, dan zal het water, dat over de laag heen vloeit, in dit dal te voorschijn komen. Soms ziet men het rechtstreeks uit den rotswand sijpelen, maar waar deze met een dikke humuslaag bedekt is ziet men meestal, in het hoogste deel van het dal een klein moerasje, van waaruit een beek omlaag stroomt. Vloeit geen zichtbare beek in dit moerasje, dan is het duidelijk dat het door een of meer onzichtbare stroompjes gevoed wordt; zijn er echter een of meer aanvoerbeekjes, dan heeft de gewone beschouwer meest geen reden om ook nog aan onzichtbare te denken.

Thans komen de artesische putten aan de orde. Hun water komt onder drukking uit de diepte te voorschijn, het moet dus daar onder drukking staan. De laag, die door talrijke en wijde spleten het water gemakkelijk vervoert, moet van boven en van onderen aan minder gespleten en minder doorlatende lagen grenzen. Evenzoo zijn het bij ons vooral grint- en zandlagen, die als het ware ingesloten zijn tusschen klei, die het water voor de opborrelende putten leveren. De put maakt men in een dal, op grooteren of kleineren afstand van een gebergte- of heuvelenreeks. Niemand zal verwachten dat in een put, geboord op den top van een berg, het water tot aan den rand zal opstijgen. Want terwijl de laag helt, is het het water in de heuvelen dat drukt op

dat in de vlakte, en waar men boort tracht het natuurlijk even hoog op te stijgen, als het onder den heuvel staat. Het tracht eenvoudig het evenwicht te herstellen, want de put en de laag vormen een stel van communiceerende buizen, en eer het tot rust komt, moet het water dus in beiden even hoog staan. Is dus de monding der put lager dan de waterstand in den heuvel, dan blijft het water voortdurend vloeien en de bron is schijnbaar onuitputtelijk.

In een zand- of grintlaag vloeit het water met een zachte helling in een regelmatigen stroom. In een gespleten gesteente hangt de weg geheel van de spleten af, en is dus uiterst onregelmatig. Dit heeft nu voor den loop over groote afstanden wel niet veel beteekenis, maar de aard van de uitmonding hangt daarvan natuurlijk geheel af. De laatste spleet, die waaruit het water te voorschijn komt, kan rechtop gaan of schuin of misschien bijna horizontaal liggen, en waar op het gebied der geysers heete stoom uit spleten te voorschijn dringt, zonder dat rondom de monding een vijvertje ontstaan is, ziet men de spleten dan ook in alle richtingen hellen. Monden zij in een vijver uit, dan kan men ze maar zelden zien, en liggen zij diep, dan werken zij onder water allicht toch als vertikale openingen, ook al zijn zij zeer schuin. Verder zullen de spleten natuurlijk nooit overal even wijd zijn, maar hier en daar zullen wijdere gedeelten, wellicht zelfs geheele grotten, met de nauwere spleten afwisselen.

Het spreekt van zelf dat het water, dat uren ver door bepaalde lagen loopt, de temperatuur van die lagen zal aannemen. En komt het snel genoeg aan de oppervlakte, dan zal het dus daar dien warmtegraad, ten minste ongeveer, verraden. Nu is het Yellowstone-park

in de laatste geologische tijden voortdurend een terrein van uitgebreide vulkanische werkzaamheid geweest, en moet men dus aannemen, dat de koude korst, die hier de inwendige warmte bedekt, dunner is dan wellicht op eenige andere plaats op aarde. Het water behoeft dus niet zoo heel diep af te dalen om in lagen te komen, wier temperatuur boven het kookpunt ligt. En het doorloopen van zulke warme aardlagen is klaarblijkelijk de eenige bron voor de warmte van het heete water.

Hier komt nu een zeer belangrijke factor in het spel, namelijk de afhankelijkheid van het kookpunt van water van de drukking. Iedereen weet, dat op hooge gebergten het water bij een lagere temperatuur kookt dan bij ons, al ware het ook slechts uit de ervaring dat het koken van eieren in zulke streken langeren tijd vordert. Evenzeer weet iedereen dat in een Papiniaansche pot[1]) het water tot ver boven 100° C. verhit kan worden, zonder tot stoom over te gaan. Het is de grootere drukking, die dit belet. Passen wij dit nu toe op onze onderaardsche stroomen, die op de beschreven wijze onder de zeer aanzienlijke drukking van het grondwater in de omringende heuvelen staan. Het zal dus bij 100° C. nog niet gaan koken, ja verscheidene graden hooger verhit kunnen worden, zonder dit te doen. Het kan dus een tijd lang in oververhitten toestand zich voortbewegen. Eindelijk echter nadert het de openingen der spleten, en dus de plaats waar geen

[1]) Papiniaansche pot. — Aldus genoemd naar dr. Papin, een Fransch natuurkundige, die onder leiding van onzen Christiaan Huyghens werkte, en in 1680 voor den dag kwam met zijn ontdekking van stoom onder druk in een hermetisch gesloten pot.

overmaat van drukking er meer op rusten zal. Is het dan toch nog warmer dan 100° C., dan zal het gaan koken, plotseling of langzaam, al naar gelang van de wijze waarop het toestroomt. Bij den overgang tot stoom zet het zich geweldig uit, en perst dus al het water dat er boven staat voor zich uit.

Zoo ontstaan de kokende bronnen. In oververhitten toestand wordt het water in een zeer langzamen stroom toegevoerd. Houdt dan de drukking op, dan gaat het koken, en de stoom verhit het water in den vijver, tot ook dit het kookpunt nadert, waarna de stoom, in grootere en kleinere bellen ongehinderd doorgaat, bruisend en barstend aan de oppervlakte komend. Veel kleine geysers, die heftig koken, voeren alleen stoom en geen water omhoog, en men ziet hun rand dan ook niet overvloeien; een van de grootere heeft zelfs, om het typisch zuinige van dit verschijnsel, den naam van Economy-geyser ontvangen.

Zijn nu de onderaardsche spleten regelmatig, zoo zal de bron gelijkelijk door blijven koken. Onregelmatigheden in de spleten kunnen echter tot plaatselijke ophoopingen van stoom aanleiding geven. Een gewelfvormige spleet, die alleen van onderen toe- en afvoergangen heeft, zal zich b.v. allengs met stoom vullen, en deze zal onder de drukking van de zuil water tusschen het gewelf en de oppervlakte van den uitmondings-vijver staan. Langzaam neemt de stoom toe, tot hij eindelijk de geheele holte vult. Ontstaat er nu nog meer, dan moet deze ontwijken, en drukt dus de zuil water boven zich weg. Men ziet den kraterrand overvloeien, meest schoksgewijze. Maar stoom weegt minder dan water, en het wegpersen van de waterkolom ontheft den stoom in het onderaardsche gewelf van den

druk, die hem daar samenperste. Plotseling zet hij zich geweldig uit, en slingert nu alles wat nog in het te doorloopen kanaal gebleven was, en misschien zelfs al het water van den vijver, met groote kracht voor zich uit. In plaats van af te nemen, neemt de kracht op den weg toe, daar de drukking vermindert. Zoo worden in weinige minuten nagenoeg al de stoom en al het water hoog in de lucht opgeworpen.

Dan echter is de kracht gebroken. Wat in den vijver neerviel vloeit thans kalm in de buis terug, en de onderaardsche aanvoer vult het gewelf en de gangen met water. Langzaam begint de stoom zich weer op te hoopen, tot hij eindelijk weer ontsnapt, onder dezelfde hevige verschijnselen.

Uit deze door Bunsen gegeven voorstelling volgt nu als vanzelf, dat spleten zonder zulke gewelven een regelmatig kokenden geyser zullen geven, en dat de aanwezigheid van gewelven daarentegen de periodische werking kan teweeg brengen. Hoe grooter de gewelven, des te langer zal het duren voordat zij voldoende met stoom gevuld zijn, en des te langer zullen dus de perioden van rust zijn. Maar des te heviger zal ook de uitbarsting worden.

Men moet zich dus de toevoerbuis van elken geyser als een onregelmatigen, langzaam schuin omhoog stijgenden barst voorstellen, waarvan de onregelmatigheden nu eens zonder beteekenis, dan weer, door de vorming van van boven gesloten gewelven, geheel beslissend voor het verschijnsel worden.

In de verschillende spleten loopt het water meest onafhankelijk van de overige, soms zelfs van zeer naburige bronnen. Dit blijkt allereerst daaruit dat de vijvers op de hellingen van een heuvel op zeer ongelijke

hoogten plegen te liggen. Waren er communiceerende buizen, zoo zouden de hoogere natuurlijk leegloopen en de lagere overvuld worden. Verder blijkt het uit het feit dat de uitbarstingen van naburige geysers van elkander geheel onafhankelijk zijn, de meest woeste uiting van den een kan de volkomen rust van zijn buurman volstrekt niet storen.

Laat ons thans de heftige maar voorbijgaande werkingen verlaten, om ons met de kalmere en schijnbaar onaanzienlijke, maar de eeuwen trotseerende afzettingen rondom de geysers bezig te houden.

De geysers, en in dien naam zal ik thans gemakshalve de overeenkomstige kokende bronnen mede begrijpen, liggen overal in de dalen van het Yellowstonepark. Soms liggen zij eenzaam, meest zijn zij tot groepen, enkele malen tot groote groepen vereenigd. In het laatste geval noemt men het geheele dal een geyserbassin, en het Norris-bassin, de Lower-, Midway- en Upper-[1])bassins zijn daaronder de meest bekende. Maar ook elders, zelfs aan de oevers van het Yellowstonemeer, vindt men zulke bassins.

De term bassin is in zekere mate misleidend. Allereerst om de reeds besproken onderlinge onafhankelijkheid der geysers en om het feit dat er bijna nooit twee uit denzelfden vijver omhoog springen. Elke geyser heeft als het ware zijn eigen monding gemaakt, het zij die vol water is of niet. Er is dus geen gemeenschappelijk bassin, noch onder den grond, noch er boven. Het is alleen een waterrijk dal, dat vele bronnen omsluit. Verder is de naam van bassin misleidend, omdat de geysers zich altijd op een soort van heuvel

---

[1]) Lager-, Midden- en Boven-bassins.

bevinden. Midden in het dal ligt zulk een heuvel, van eigenaardige vorm en formatie, en de vijvers, spleten, heete bronnen en geysers liggen bovenop of op de hellingen van dien heuvel. De heuvel is laag en breed, de hellingen zacht glooiend. Soms vult hij plaatselijk het dal over de geheele breedte en sluit dan aan de aangrenzende bergen aan, maar altijd met een lageren rand, waarlangs het geyserwater kan wegvloeien.

Deze vlakke heuvels zijn het product der geysers; zij bestaan uit een bizonder gesteente, dat den naam van geyseriet draagt. In tegenstelling met het travertijn der Mammoth Hot Springs, dat een kalkgesteente is, is het geyseriet een kiezelgesteente. Zooals ik reeds meermalen opgemerkt heb, liggen de geysers in de dalen tusschen heuvels en bergen die voornamelijk uit lava bestaan, en is de lava zelf weer in hoofdzaak uit kiezelmassa's gevormd. Het water, dat van die bergen naar de geysers stroomt, vindt dus in de spleten op zijn weg geen kalk maar kiezelzuur om op te lossen. Dit is echter op verre na niet zoo gemakkelijk oplosbaar als kalk, en het water neemt er dus, ook bij een langen loop, maar weinig van op.

Dit opgeloste kiezelzuur nu wordt bij het uitstorten van het water en dus rondom de heete bronnen afgezet. Het vormt het geyseriet, en het heeft dus, in den loop der eeuwen, de geheele geyserietheuvels in de dalen tot stand gebracht. Moge men ook uren lang op die „bassins" rondwandelen, toch moet men bedenken, dat deze geheele steenmassa eenmaal vloeibaar was. Niet alles tegelijkertijd, maar achtereenvolgens, eeuw na eeuw en laag na laag.

De vastlegging van dit kiezelzuur nu geschiedt uitsluitend door wieren. Noch de verkoeling van het

water, noch de betrekkelijk geringe verdamping kunnen het kiezelzuur doen neerslaan; zonder de wieren zou het even rijk daaraan afvloeien als het omhoog gekomen was.

De afzetting van kiezelzuur door levende planten is geenszins een verschijnsel dat tot de geyserietvormingen beperkt is. Integendeel, het is in het plantenrijk zeer algemeen, veel algemeener dan de afzetting van kalk. Sommige planten zijn er zeer rijk aan en hebben er een bizondere hardheid en ruwheid aan te danken, zooals b.v. onze schuurbiezen, wier schurend vermogen juist aan deze stof te wijten is. Opgelost kiezelzuur, of liever oplosbaar kiezelzuur heet in den handel waterglas, de oplossing ziet er uit als water, maar gaat bij volledige verdamping in een glasachtige massa over, die dan niet weer door water kan worden opgenomen. In de planten wordt het opgenomen kiezelzuur eerst als een gelei-achtige massa in de celwanden gebonden, zoodat het die geheel doortrekt, voornamelijk in de buitenste weefsellagen. Grassen en granen zijn er zeer rijk aan. Allengs wordt het harder, maar blijft met de celwanden zoo vereenigd dat men het daarin niet zien kan. Maar toch kan men het gemakkelijk vinden daar het onbrandbaar is en dus als een skelet achterblijft als men de weefsels voorzichtig verbrandt.

Onder de wieren is er een groep, die om dit kiezelgehalte zeer bekend is. Het zijn de kristalwieren of Diatomeeën, beide namen die op hun vorm en niet op hun inwendigen bouw betrekking hebben. Zulke kristalwieren groeien ook bij ons overal in allerlei wateren, waar zij dikwijls een dicht, vlokkig of geleiachtig bekleedsel rondom de stengels der waterplanten vormen, voor zooverre deze onder het water groeien. Zulke

Diatomeeën spelen nu bij de vorming van het geyseriet een belangrijke rol, maar zij verdragen de groote hitte van het opbruisende water niet en zijn dus beperkt tot de bassins, die rondom de eigenlijke kraters door het overvloeien ontstaan. Aanzienlijke lagen van Diatomeeën vindt men b.v. rondom „Black Sand Pool" en voornamelijk op den bodem van het Specimen lake, dat daaraan zijn water ontleent. Soorten van de bekende geslachten Navicula, Epithemia, Cocconema en andere nemen aan die formatie deel. Zij zouden even goed voor polijstaarde kunnen worden gebruikt als sommige Diatomeeën-lagen in Europa.

Toch zijn deze kristalwieren slechts van locale beteekenis. Zij vormen de hoofdmassa's van het geyseriet niet. Dit doen wiersoorten van een veel eenvoudigeren lichaamsbouw. In het algemeen zijn het dezelfde geslachten en ten deele ook dezelfde soorten als in de travertijn-formatiën. In verband daarmede ziet men hier dan ook overeenkomstige kleurschakeeringen en kleuren. De wanden der kokende vijvers zijn ook hier wit of zeer licht geel, en de bruine of roode, groene of blauwe, lichte en donkere, soms geheel zwarte overtrekselen ziet men slechts in de omringende bassins, waar het water reeds meer of min afgekoeld is. De wieren groeien snel, maar het kiezelzuurgehalte van het water is gering, zoodat op veel organische stof weinig sintelmassa komt. Voor een deel ten gevolge daarvan is het geyseriet later, als het dood en droog is, een veel lichter gesteente dan het travertijn, terwijl toch anders de kiezelgesteenten juist niet tot de lichtste behooren. Ook verweert het zeer gemakkelijk, en ziet men op de oppervlakte der geyserietheuvels de overblijfselen der oorspronkelijke structuur niet zoo veel-

vuldig en zoo fraai als op de travertijnrotsen.

Onder de lagere wieren, die hier een rol spelen, mogen er hier enkele genoemd worden. Ten deele zijn zij dezelfde, die ik bij de beschrijving der Mammoth Hot Springs reeds heb aangevoerd. De voornaamste geslachten zijn Leptothrix, Phormidium, Calothrix, Gloeocapsa en andere. De eerste zijn bleek en verdragen hooge temperaturen, de Gloeocapsa is blauwgroen en vormt soms aan de buitenzijde der geyserkegels zwarte geleiachtig-vliezige en soms vingerdikke overtreksels. De kleur schijnt overigens zeer veranderlijk te zijn, want als men van een bruin of zwart overtreksel in een warm stroompje of bassintje deelen los maakt, ziet men de onderzijde dikwijls groen of blauwgroen.

De wijze waarop deze wieren de formatie tot stand brengen hoop ik weldra, naar aanleiding van mijn bezoek aan het Upper Geyser-bassin, uitvoerig te schilderen.

Vooraf moge echter het een en ander omtrent de voornaamste bassins gezegd worden. Zij liggen dicht bijeen, op een bijna recht van het zuiden naar het noorden loopende lijn. De toerist bezoekt ze in zoodanige volgorde, dat hij met de minst belangrijke begint, om met de groep der krachtigste geysers te eindigen.

Het meest noordelijke of Norris bassin omvat een aantal geysers, bronnen en stoomspleten, deels in het dal, deels op de hellingen der heuvels gelegen. Onder hen speelt de Constant om de minuut, zijn waterdroppels eenige meters omhoog werpende. De Congress is gewoonlijk een groote, blauwe, kokende vijver, maar geeft op onverwachte tijden geweldige uitbarstingen.

Overal in den grond ziet men spleten en gaten, waaruit stoom komt en waaronder men het rommelen hooren kan. Soms zijn die gaten met een dunne korst van geyseriet bedekt en onzichtbaar; op zulke plekken moet men bij het loopen zeer voorzichtig zijn, daar de korst te dun is, om het gewicht van een mensch te dragen. Men doet beter op de planken te blijven, die hier de voetpaden vormen. Een zeer breede, ternauwernood vingerdiepe stroom voert het warme water uit al deze bronnen weg, vloeiend over een laag van kleurig en levend, voortdurend aangroeiend geyseriet. Hooger op den berg liggen geweldige stoomspleten, die een oorverdoovend geraas maken, en nog iets hooger de Black Growler,[1]) waarvan de kegelvormige opening geheel leeg, maar tot aan den bovenrand met zwarte koraalvormige wiergroeiïngen bedekt was. Ik wachtte een poosje en zag langzaam het water in den trechter opstijgen. Het bereikte een zekere hoogte en zonk toen weer weg. Daarna stijgt het gewoonlijk weer, nu eens hooger, dan weer lager, nu eens alle wieren bevochtigend en overvloeiend over den rand, dan weer onvermogend om ook maar de helft van het koraaloppervlak te bedekken. De naam Growler duidt op het geruisch, dat hij bij al die bewegingen maakt. New Crater, Gibbon-Geyser en vele andere zou ik kunnen noemen; ik wil echter alleen de grijze-verfpotten vermelden, die vol met een grauw troebel water zijn, dat over de geheele oppervlakte kookt.

In het Lower Geyser-bassin vindt men heldere bronnen, rond en blauw als een oog en omgeven met een bruinen rand, die met blauwe Convolvulussen vergele-

---

[1]) Zwarte Rommelaar.

ken worden en daarom, met den engelschen naam dier bloemen, Morning glories worden genoemd. Verder grijze-verfpotten, stoomspleten en geysers, en allerlei andere vormen van stoom-uitlaten. Great Fountain is hier een der meest bekende geysers.

Het Midway Geyser-bassin vertoont het uitgestrekte meer van den Excelsior Geyser en verder den Turquoise Spring en het Prismatic lake.

Het Upper Geyser-bassin is het belangrijkste. Het ligt zoo, dat men het van uit het hôtel nagenoeg geheel kan overzien. Rechts ligt Old Faithful, springend om het uur. Midden door het bassin loopt de Firehole-rivier, zijn bedding ingravend in het geyseriet en de heete wateren der bronnen overal opnemend. Soms ziet men ze vlak aan den rand der rivier opkoken, soms stroomt het warme water langs de helling over afstanden van honderden meters omlaag. De rivier is rijk aan forellen, en vandaar het verhaal dat men hier, zonder zijn plaats te veranderen, een forel vangen kan en hem dan aan den hengel in de heete bron kan houden om hem te koken.

Aan de overzijde der rivier liggen tal van kleine, voortdurend, maar betrekkelijk zwak werkende geysers, als Beehive [1]), Sponge [2]), Beach [3]), Surprise [4]) en andere. Aan de zijde van den rijweg liggen vooral Castle en Giant, over wier werkingen ik reeds gesproken heb, en verder een groot aantal kleinere. Ook vindt men hier lange reeksen van uitgedoofde kraters, die meest geheel droog zijn.

Aan beide zijden is het dal ingesloten tusschen heuvelreeksen die met uitgestrekte dennebosschen begroeid

---

[1]) Bijenkorf. [2]) Spons. [3]) Kust. [4]) Verrassing.



E. O. Hovey, photo.

Trouts- (forellen) vangst in het Yellowstone-Park.

zijn, en bijna van alle plaatsen kan men Old Faithful zien, als hij aan het einde van elk uur zijn water en zijn stoommassa hoog in de lucht werpt.

Maar ik zou kans loopen, eenvoudig een uittreksel uit mijn gids-boekjes te geven, als ik deze beschrijving wilde vervolgen. Het medegedeelde echter meen ik, dat noodig is voor een juist begrip van de bespreking, die ik thans op grond van mijn eigen bezoek wensch te geven.

Ik begin daartoe met de voornaamste groep van geysers die den naam van Upper-Geyser-bassin voert. En onder hen is de belangrijkste geyser die van de Old Faithful, die vlak bij het hotel is dat daarnaar den reeds genoemden naam van Old Faithful Inn draagt. Hij springt, of speelt zooals men het daar noemt, om het uur, en de reizigers die slechts een halven dag in dit bassin vertoeven, kunnen dus alleen op hem met zekerheid rekenen om de werking van een machtigen geyser te zien. Hij is zoo trouw in zijn uitbarstingen, dat men telkens vooraf kan berekenen, wanneer er weer een komen zal. En zijne periode van een uur heeft hij onveranderlijk behouden gedurende al de — weinige — jaren, dat men hem kent.

Nauwkeuriger gezegd duren de perioden gemiddeld 65 minuten, waarbij dan de tijd van rust en de tijd van werkzaamheid telkens als één periode samen gerekend zijn. Ik begaf mij dus op het juiste oogenblik uit het hôtel naar den geyser, beschouwde hem eerst in den rusttoestand, zag daarna in de diepte van de krateropening het heete water omhoog komen en ging toen op een bank zitten om het verdere verloop te aanschouwen. Het ging langzaam genoeg om de volgende aanteekeningen te maken.

De krater is een zeer vlakke kegel met een zeer fraaie terrassen-formatie met tal van zijbekkens, waarin het water blijft staan. Die bekkens zijn omgeven door armsdikke gekronkelde randen. De hoogere, waarin het heete water rechtstreeks valt, hebben krijtwitte randen, de lagere, waarin het water na gedeeltelijke afkoeling vloeit, hebben meest lichtbruine randen, vooral waar zij nog nat zijn. In de eerste bekkens ziet men witte en lichtgele afzettingen, die den bodem met een eigenaardig gevariëerde vegetatie van sintelwieren bedekken; hier zijn de randen hoog opgegroeid en de bekkens dus vrij diep. De koelere bekkens zijn vlakker, minder diep en vol bruine afzettingen in allerlei tinten. Nog verder af, waar de helling veel geringer wordt, zijn vlakke terrassen zonder opstaande randen, trapgewijze afdalend; het water vloeit hier eenvoudig langzaam in een dunne laag over de geheele sintelmassa heen.

Soms is die vlakte te droog; dat hangt er grootendeels van af of de wind de geyserkolom naar de eene zijde of naar de andere zijde waait en dichterbij of verder af doet neervallen. Want de uitbarsting moet elk uur het noodige water voor het overvloeien in het volgend uur leveren. Op dit breede terrassenvlak komen groote vlokken van zwarte geleiachtige wiermassa's voor, die het terrein hier en daar zoo glibberig maken, dat het gevaarlijk is er op te loopen.

Old Faithful staat niet alleen; rondom hem ziet men nog ruim een half dozijn kraters van ongeveer gelijken bouw en ontwikkeling. Zij staan allen op denzelfden breeden heuvelrug, vlak langs de rivier, waarheen dan ook het geyserwater afvloeit. Maar al die buren zijn sinds lang uitgedoofd en onwerkzaam geworden.

De krater is een diep gat op den top van den vlakken



E. O. Hovey, photo.

De Old Faithful-geyser in uitbarsting.

heuvel. Rondom de eigenlijke opening is een dikke wal opgegroeid, sierlijk geteekend met randen en lijsten als aanduiding van de werkzaamheid der wieren. In het gat ziet men in de rustperiode geen water, doch voortdurend komen er heete dampen uit te voorschijn. Aan de noordzijde is de rand hoog en onregelmatig, omstreeks een halven meter hoog. Hij bestaat uit een grijswitte steenmassa met ronde vormen, en overal ziet men de fijne ribbelingen van den wiergroei. Naast den krater en hier en daar over den heuvel verspreid zijn een aantal kleinere gaten, waarin water kookt of waaruit stoom komt. Voortdurend hoort men de onderaardsche opborrelingen.

Langzaam wordt nu de stoommassa in den hoofdkrater dichter en van tijd tot tijd stijgt zij wat hooger op, terwijl de wind de nevels zuidwaarts drijft. Voor enkele minuten zag ik den krater nog leeg, nu spuit hij herhaaldelijk groote druppels heet water omhoog, en rust dan schijnbaar weer eenigen tijd. Maar het onderaardsche geluid hoort men nu voortdurend, het wordt langzaam sterker.

Plotseling wordt een watermassa tot een hoogte van een meter in druppels opgeworpen, en weer volgt schijnbare rust. Dan volgt weer zulk een kleine, voorloopige uitbarsting. Allengs worden deze talrijker en krachtiger, doch de pauzen duren soms nog eenige minuten. Nog eens wordt de dampzuil hooger en voller, dan weer lager en zwakker, en van tijd tot tijd worden weer gulpen waterdruppels omhoog geworpen. Dit voorspel duurt ruim een kwartier, dan volgt weer schijnbare rust, ofschoon de stoom en het geluid voortduren.

Plotseling volgt nu de uitbarsting. Huizen hoog wordt

het water in een dikken straal van druppels omhoog gezonden, schok volgt op schok, en de fijne nevel, die alles omgeeft, wordt door den wind voldoende op zijde geschoven, om het geheele spel te laten zien. Geen straal of zuil van water komt er omhoog, alles is stoffijn verdeeld in grootere en kleinere druppels, in onnoemelijk aantal. De druppels verplaatst de zachte wind maar weinig; zij vallen rondom neer, en over den geheelen geyserheuvel vloeit nu voor een korte pooze het heete water. Na een paar minuten wordt de zuil van druppels iets lager, maar dan duurt het nog geruimen tijd vóór zij sterk vermindert. Telkens komen er nog schokken, die de druppels weer wat hooger opwerpen. Eerst na ongeveer vijf minuten houdt het spel op. Ik ging er terstond heen, maar de krater was leeg, zoover ik in zijne diepte kon zien, en alleen met dwarrelende stoom gevuld.

Toen volgde weer ruim een half uur van rust en daarna begon allengs het voorspel. Dit duurt, met de uitbarsting zelve, bijna een half uur. Zoo gaat het jaar uit jaar in, met de groote regelmatigheid, die er den naam van Old Faithful aan heeft doen geven.

Ik had op dien namiddag nog verscheidene malen het voorrecht de uitbarsting te zien, maar telkens bevond ik mij op een anderen afstand en min of meer aan een andere zijde. Telkens ook woei de wind anders, en werd de wolkenzuil, die de druppelmassa omgaf, of ter plaatse gehouden of in andere richting en op andere wijze weggedreven. Eenmaal kon ik, op aanzienlijken afstand staande, de hoogte van de rookzuil goed vergelijken met de hoogte der boomen in het bosch er achter; de rook dreef in horizontale richting weg, ver boven de toppen der dennen. Over het

algemeen ziet men de trotsche trekken van het verschijnsel pas op eenigen afstand goed; eerst hier is het werkelijk indrukwekkend. De bizonderheden treden op den achtergrond en vooral het voorspel, dat betrekkelijk zoo lang duurt, ziet men niet. Plotseling en zonder voorbereiding ziet men de geweldige zuil van damp en water omhoog stijgen in al de schittering van het zonlicht, en kort daarop verdwijnt zij even plotseling en keert de volle rust van het landschap weer terug.

Na de uitbarsting van Old Faithful gadegeslagen te hebben volgde ik den stroom van zijn water naar de Firehole [1])-rivier en ging over een brug naar de andere zijde, waar op een uitgestrekt, een weinig golvend terrein een groot aantal der kleinere geysers bijeen liggen. Hier had ik een gunstige gelegenheid om vele bizonderheden te leeren kennen, zoowel omtrent het koken van het water als vooral omtrent de werkzaamheid der sintelwieren, die de randen en de kraterkegels opbouwen.

Tea Kettle [2]) is een ronde ketel van 2—3 meter doorsnede, met een lagen opstaanden rand, die zich niet meer dan een paar decimeters boven den ketel verheft. De rand is dik en van boven naar binnen toe omgebogen. Het water vult den ketel met een heldere, doorschijnende, donkerblauwe massa, en ergens in den bodem, op eenigen afstand van het midden, is een gat, waaruit het voortdurend heftig opkookt. De ketelrand heeft een overlaat en een lek. Het lek ligt iets lager en daaruit vloeit voortdurend water. Het is een horizontale spleet in den overigens gaven wand. Het is

[1]) Vuurhol. [2]) Thee-ketel.

de oorsprong van een beekje, met witte wierafzetsels in 't midden doch met zwarte, glibberige, levende randen. Verder op, waar 't water minder heet is, worden de witte wieren door oranjeroode soorten vervangen. De overlaat is bizonder fraai gebouwd, daar de geheele meer dan handbreede oppervlakte er van met kleine koraalvormingen dicht bezet is. Aan de buitenzijde is een klein vijvertje, dat somtijds een afvloeibeekje heeft, maar dit was tijdens mijn bezoek droog. Die koraalvormingen in den overlaat zijn een begin van herstel der opening en leeren dus hoe de geheele wand is opgebouwd. Let men hier op, dan ziet men aan die zijde van den ketel, waar de winden van tijd tot tijd het water over den rand kunnen waaien, juist dezelfde koraalvormingen, maar kleiner, dikker en meer tot een dichte massa aaneensluitend. Zij staan in groepjes, die de richting van het overvloeiende water volgen en dus dwars over den ketelwand gaan; op de buitenvlakte zijn de koralen langer en met zuiverder, meer levende toppen dan op den bovenkant. Elders op den rand is de droge oppervlakte klaarblijkelijk afgesleten, maar vertoont toch nog dezelfde structuur. Ook zijn de openingen tusschen de wierkoralen hier door nieuwere formaties grootendeels toegegroeid. Hier en daar is door deze vormingen de wand fijn getand of gegolfd of gekarteld, maar zelfs in die tanden en kartelingen is de massa zoo hard als steen. De witte wiermassa is dus hier niet eerst een dikke gelei, maar verkiezelt nagenoeg in gelijke mate als zij groeit.

Topaas-pool is een jonger voorbeeld van dezelfde ketelvorming. Zij is van boven nog wijder open en zoo breed, dat zij aan haar rand voldoende afgekoeld

is voor den groei der bruine wieren. Dit heeft haar klaarblijkelijk haar naam doen geven. Het opborrelende water stroomt in een breede beek snel weg, terwijl het over verscheidene meters van den weg in zijn midden nog te heet is om den groei der bruine wieren toe te laten.

Vlak er naast is een breed gat, zoo breed dat men er bijna in zou kunnen afdalen. Heel in de diepte ziet en hoort men het water koken. Zulke gaten, kleine heete bronnen, kleine kokende vijvertjes en kleine geysers zijn hier talloos over den geheelen geyseriet-heuvel verspreid, veel te talrijk om ze afzonderlijk op te noemen. Zij vertoonen alle een zekere periodiciteit, de een meer, de ander minder. In intervallen van enkele minuten pleegt het water nu eens harder en dan weer zachter te koken en soms bijna geheel zonder beweging te zijn.

De vormen der vijvertjes zijn zeer verschillend, maar naderen meestal tot het cirkelronde of wijken daarvan alleen om plaatselijke redenen af. Eén, twee of drie meters middellijn is de gewone grootte.

Beach is de naam van een diepen ketel, omgeven door een breeden vlakken rand. Op dezen rand staat het water maar een vingerdikte hoog, en een kleine lijst beveiligt het tegen wegvloeien. Die lijst is echter zeer onregelmatig, zoodat het water bij de minste golvende beweging overvloeien kan. Tusschen den diepen ketel en den vlakken vijver er rondom is ook een sintelrand, die boven het water uitsteekt, maar waarover het toch telkens bij het koken wordt heen geworpen. De bodem van den vlakken vijver is met brosse, korrelige wiermassa's dicht begroeid; zij zijn lichtgeel van kleur. In den diepen ketel is het water

helder blauw en in de diepte ziet men de vooruit groeiende gedeelten van den levenden wand als ronde witte rotsblokken.

Juist had ik deze beschrijving gemaakt, toen het water in den ketel, dat zoolang rustig geweest was, heftig begon op te koken. Dit duurde echter slechts kort, daarna kwam weer rust, ofschoon nu en dan afgebroken door het opstijgen van groote stoomblazen. Nu begint het weer heftiger te koken en talrijke groote stoombellen komen uit de diepte te voorschijn. Ook schijnt de watermassa toe te nemen. Allengs worden de stoombellen zoo talrijk en zoo krachtig, dat zij waterdruppels meenemen en in de lucht slingeren. In golven stroomt het water over den rand van den ketel in den omringenden vlakken vijver, maar toch is slechts een zeer geringe overvloei van dien vijver er het gevolg van, en allengs komt de kokende massa weer tot rust. De onderaardsche spleet werpt dus hier veel stoom maar slechts weinig water omhoog.

Kleinere poeltjes zijn in het algemeen duidelijker van bouw dan de grootere. Men ziet dat de geheele wand, tot zoo diep het oog reiken kan, met groeiende steenmassa's bekleed is. De wieren daarin groeien niet in vlakke lagen, maar maken overal vooruitstekende hoorntjes, die zich soms tot groote halve bollen vereenigen, soms kartelranden maken en in het algemeen een zeer groote verscheidenheid van vormen voortbrengen. Dikwijls groeien zij in verdiepingen van lijsten, de bovenste aan de oppervlakte van het water, de overige trapsgewijze lager.

Dichtbij was een trechtervormige put, die geheel met een geelbruin wier bekleed was. Alleen de randen waren grijs, en de kleurverdeeling was dus juist

andersom dan in de meeste overige gevallen. Toch was ook hier het water kokend heet. Vlak er naast zag ik een diepe, met heet water gevulde kloof met zuiver witte, koraalachtige wanden.

Lion, Lioness en Cubs [1]) zijn namen van dergelijke grijswandige formaties, die reeds een hoogeren ketelrand om zich heen gevormd hebben. Hun water kookt hevig, zij staan dicht bijeen op een heuveltop met vrij steile wanden. Bee-hive, een der meest bekende kleine geysers, heeft rondom zijn krater een wand gemaakt die sterk op een bijenkorf gelijkt, maar van boven open is. De korf is ongeveer een meter hoog.

Na deze groep van kleine geysers en vijvertjes beschouwd en nog een laatsten blik over het periodisch opspuiten van het water geworpen te hebben, begaf ik mij weer naar de andere zijde van de Firehole-rivier. Hier verheft zich de Castle als een kasteel boven op een grooten, vlakken geyseriet-heuvel.

De Castle is een der grootste geysers, werpt zijn waterdruppelzuil vele malen hooger en in veel dikkere massa op dan Old Faithful, maar wisselt dan ook zijn werkzaamheid met perioden van rust af, die langer dan een dag duren. Ik had niet het voorrecht een uitbarsting te zien, maar daarentegen wel de gelegenheid om de formatie zeer nauwkeurig te bestudeeren. Deze biedt hier meer afwisseling dan bij de meeste andere geysers. Op den geyseriet-heuvel, dicht bij den Castle-geyser bevindt zich een vrij groot, ondiep meertje „Crest" [2]) of „pool" [3]) geheeten, en verder ziet

---

1) Leeuw, Leeuwin en Welpen. 2) Kruin.) Spreek uit Poel.

men er een aantal andere poeltjes en spleten met kokend water of met stoom.

Het kasteel is een bijna zuilvormige kraterwand, ongeveer manshoog en even breed; het wierp tijdens mijn bezoek voortdurend stoom en ongeveer om de minuut een smalle maar hooge zuil van waterdruppels uit. Aan de westzijde is de wand steil en de voet rond, aan de oostzijde echter bestaat de voet, onder de zuil, uit een trapsgewijs gebouw van terrassen, waarop het water, dat het kasteel uitwerpt, neervalt. De geheele heuvel is grijs, en van terras naar terras stroomen breede beekjes vol heet water. De randen der terrassen golven sterk en zijn geheel met koraalvormingen bedekt, en dus van nabij gezien uiterst fraai. Op een afstand maakt dit alles zeer sterk den indruk eener oude ruïne. En deze indruk wordt nog versterkt door de vele gaten en holten, openingen die door uitgroeiingen der wierranden overwelfd zijn, en die aan dezen krater een zeer eigenaardig karakter geven. Aan den steileren kant vloeit het water sneller af, en hier zijn de koraalvormingen dus veel minder ontwikkeld. Ook brokkelt en schaalt die massa hier voortdurend af, waarschijnlijk omdat zij te dikwijls droog is. Rondom den voet, waar het overvloeiende water al afgekoeld is, is de grond evenzeer van een schaalachtigen bouw, met een geribbelde oppervlakte maar zonder de eigenlijke koraalvormingen.

Kon men van den eigenlijken kraterwand een stuk zoo groot als een hoofd afnemen en afzonderlijk vertoonen, zoo zou het zeer gemakkelijk met een echt koraal verward kunnen worden, zoo groot is de gelijkenis. Ik bedoel met die soorten van koralen, die als bollen van een dichte vertakte massa opgroeien,

zoodat de oppervlakte voortdurend met tallooze kleine opstaande takjes bedekt is, terwijl de massa daaronder aaneengegroeid en steenhard geworden is. Dezelfde eigenaardige verdeeling in vakken en groepen vindt men ook hier.

Op den breeden voet, waarop dit kasteel rust, liggen de schalen tamelijk los op elkander. Sommige schalen zijn zoo dik als papier, andere zoo dik als een vinger; overal vertoonen zij de ribbelingen der randwieren, dikwijls in zeer fraaie teekeningen.

De overvloeiende watermassa stroomt in talrijke groote en kleine beekjes langzaam naar beneden en vereenigt zich hier en daar met het water der andere heete bronnen van dezen heuvel. Op eene plaats vormen zij een breeden poel, die geheel met de oranjeroode wiersoort volgegroeid is, afgezien van smalle gekronkelde lijnen, waarin het water in dezen poel omlaag stroomt. Het water is zoo heet, dat torren, libellen en andere insecten er in sterven als zij er bij ongeluk in vliegen; toch tieren de roodbruine wieren hier welig. Langs de stroompjes ziet men ze in lange, fijne, sterk vertakte draden, boomvormig als de stroom ze vrij laat, en als natte penseelen overal, waar de stroom ze heen en weer wiegelt. Op den bodem vormen zij een zeer sierlijke teekening, een bekleeding die fluweelachtig naar een zelfde richting heenvloeit. In de diepte helderbruin, zijn zij dichter bij het oppervlak donkerder van kleur en tevens meer geleiachtig. Waar het water, tusschen de stroompjes, stilstaat, groeien zij omhoog, zoodat zij er een sierlijk netwerk van walletjes van een vrij vaste gelei vormen. Die walletjes houden het water tegen en doen het stilstaan, trots de zwakke helling van den bodem

aan den poel. Nu eens omsluiten die walletjes kleinere, en dan weer grootere watervakken.

Is het water door den groei dier walletjes dieper geworden, dan groeien de oranje bruine wieren als dunne boompjes omhoog, om zich eerst aan de oppervlakte uit te breiden. Zij zien er dan uit als tallooze kleine paddestoelen, wier koppen op dunne stelen rusten en allengs tegen elkander aan gaan sluiten, zoodat zij een dicht vlies over het water vormen. Zinkt nu de oppervlakte van het water, hetzij doordat de toevoer vermindert, hetzij doordat tijdelijk een betere afvoer tot stand komt, dan wordt deze oranje massa allengs geheel wit, maar blijft nog staan als een harde geleikorst. Verdroogt zij dan ten slotte, zoo wordt de grond weer begaanbaar, en maken de kiezelwieren het geheel bros en korrelig, zoodat het weldra in een zanderige massa verandert.

Het beschreven poeltje is klaarblijkelijk van jonge vorming en grenst aan de eene zijde aan een ouder gedeelte, dat met grassen, asters, gulden roeden en andere kleine, meest bloeiende planten begroeid is. Enkele vooruitspringende grasplanten zag ik door het heete water gedood.

Langzamerhand ontstaat in dit poeltje een laag van een zeer poreuze structuur, die in verhouding tot het kiezelzuur, dat uit het water wordt afgezet, rijk is aan organische stof maar ook rijk aan die zouten, die voor het leven en den groei der wieren noodig zijn. Deze stoffen zijn dezelfde, die ook het voedsel voor de bloemplanten vormen, en daaruit volgt, dat als eenmaal dit poeltje opgedroogd zal zijn, de grond voor allerlei plantengroei bizonder geschikt moet worden. Dit verklaart ons op een zeer eenvoudige wijze waarom

de heuvels van geyseriet over het algemeen zoo spoedig met gras en andere planten begroeid worden. Er is daartoe niet veel anders noodig dan dat de heete waterstroom tijdelijk naar een andere zijde wordt afgeleid. Het verklaart ons tevens, hoe de dennen bijna even gaarne op deze gesteenten van jongen vulcanischen oorsprong groeien als op de lava's, die overal rondom deze vallei de boschbedekte bergen vormen. Op deze is het verweerend gesteente rijk aan minerale voedingsstoffen, terwijl de geyserietheuvels niet alleen uit kiezelzuur bestaan, maar ook uit die andere bestanddeelen, die hier niet door verweering ontstaan, maar rechtstreeks door den groei der wieren vastgelegd zijn.

De verandering der levende wieren in dit vruchtbare gesteente verdient nog een nadere beschouwing. Zij vormen een vlies, dat aan de onderzijde langzamerhand verkiezelt; zij plegen daar meest vast met den onderliggenden bodem te zijn verbonden, daar zij slechts een voortzetting van den groei en de transformatie van dien bodem zijn. Doch soms laat de bovenste korst in kleine stukjes min of meer gemakkelijk los; en dan blijken die stukjes op de breukvlakte groen te zijn. En dit zoowel als de bovenkant donkerbruin is, als wanneer zij zoo bleek is, dat men er geen wierleven in vermoeden zou. Het groen is blauwachtig in allerlei tinten, zoodat men daaruit mag afleiden dat hier soorten uit de groep der Blauwwieren de hoofdrol spelen. De losgelaten stukjes bevatten vrij veel kiezelzuur maar zijn nog bros en het was gemakkelijk ze tot een fijn poeder te wrijven. In de onmiddellijke nabijheid der geyserbekkens en der heete bronnen droogt deze korst veelal langzaam op, en ik vond haar

op verschillende plaatsen afschilferend. Dan was de droge bovenkant der schilfers hard en grijs, maar de onderkant was nog geleiachtig en groen. Daar ging dus het leven nog voort, en kon het telkens, als de bron er water overheen werpt, opnieuw werkzaam worden en kiezelzuur vastleggen. De kale, harde, schijnbaar rotsachtige grond is dus hier overal levend en groeiend. Hoe diep deze gelei nog vochtig genoeg blijft om te leven, en hoe dik dus de laag is die nog groeien kan, is moeilijk na te gaan. De geheel losgeraakte schilfers, waarmede de geyserietheuvels overal bedekt zijn, zijn natuurlijk ook aan de onderzijde grijs, al bevatten zij misschien hier en daar nog levende overblijfselen van wieren.

Evenals de bruine wieren vond ik ook de zwarte gelei op den bodem der koelere beekjes van onderen groen en hard. Aan de randen der heete bronnen drogen de wiervliezen niet zelden op, zonder nog versteend te zijn, en worden zij dus min of meer leerachtig. Ook deze vond ik, als ze nog vochtig waren, aan de onderzijde groen, terwijl de bovenkant bruin of zwart was. Hier en daar zag ik ook, hoe de diepere beekjes soms gleuven in den grond maken, en waar de wanden schuin overhellen en dus een onderkant hebben, is deze dan duidelijk groen. En dit ook daar, waar het water nog zeer heet was.

Een zeer eigenaardig geval van den groei der kiezelwieren zag ik aan den rijweg dicht bij den Castlegeyser. Een deel van het water uit deze bron wordt in een kunstmatige greppel verzameld en van deze uit door een houten goot naar een grooten houten bak naast den weg geleid. In de goot is het water nog zeer heet, in den bak nog warm. De bodem van die goot is

bekleed met de bruine wieren, die er deels in vlokken en deels in draden groeien, en die, als men ze wegveegt, van onderen weer blijken groen te zijn. Zij zetten nog laatste overblijfselen van het opgeloste kiezelzuur uit het water af en vormen dus allengs een verhardende korst tegen de binnenzijde van den wand der goot.

Tusschen al deze lage en breede geyserietheuvels, met hun tallooze bekken en spleten, stroomt de Firehole-rivier in sierlijke kronkelingen. Soms hellen de heuvels zoo sterk, dat zij het water nog heet in de rivier brengen; soms zijn zij zoo vlak en wordt het water zoo breed uitgespreid, dat het afkoelt en een soort van moeras vormt, waarin gras en biezen en talrijke bloemen welig tieren. Vlak langs de rivier vindt men somwijlen ook heete bronnen, soms ook kegelvormige kraters rondom kokende poeltjes. Meest zijn zij grijswit, soms met bruine wieren zoo sterk overgroeid, dat de toeristen ze met den naam van chocolade-potten bestempelen. Enkele kraters liggen niet hooger dan de rivier zelf; kokend en in een breeden stroom zag ik hier het water in de rivier vloeien zoodat plaatselijk alle groei van hoogere planten belet werd. Zelfs hoog opspringende geysers vindt men aan den rand van den stroom, bijna in de rivier zelve.

Rondom zijn de bergen met het donkere dennebosch bedekt, of ziet men op de hellingen de tallooze kleine gewassen, die ze met een dicht en overal bloeiend gazon bekleeden. In de moerasachtige gedeelten langs de rivier, tusschen het hooge gras, schitteren de blauwe sterbloemen der Sisyrrhynchium's, de gele Mimulus, paarsche asters, lange witte bloemtrossen van Orchideeën en tal van andere fraai bloeiende

planten. Overal heerscht leven en prijken bonte kleuren. Maar de grond waarop zij groeien is grootendeels zelf een product van het leven, zij het dan ook van allerlaagst georganiseerde wezens en van een groei onder de meest vreemde omstandigheden. Onder en boven den grond wedijveren de wieren en de bloemplanten. Maar terwijl de laatste telken jaren verdwijnen, hoopen de kleine wieren in den loop der eeuwen hunnen arbeid op, en stichten zij de kraters en geyserietheuvels. Zoodoende herinneren zij ons levendig aan Harting's woord: De macht van het kleine.

Reeds meermalen heb ik opgemerkt, dat volstrekt niet alle geysers hun water tot aanzienlijke hoogte opwerpen. Integendeel, verreweg de meeste zijn slechts warme bronnen, waarin het water wel kookt en opbruist, maar slechts tot een geringe hoogte opspat. Ik kom daarom thans tot een beschouwing van de warme bronnen en de stoomspleten. Wat de geysers ook vóór mogen hebben door hun geweldige werkingen, de warme bronnen winnen het verre van hen in schoonheid. De namen Gem[1]), Jewel[2]), Emerald[3]) pool, Morning glory — de engelsche naam voor den blauwen Convolvulus, — en talrijke andere bewijzen dit ten duidelijkste. De stoomspleten vinden weinig aandacht, zij zijn uitermate talrijk en meest kleine, soms zeer kleine gaten in den gewonen beganen grond. Soms spuiten zij stoom uit, soms hoort men er een borrelend geluid in en soms ziet men in de diepte wat kokend water. Maar eigenlijke open vijvertjes vormen zij niet; dit is het type der warme bronnen.

De vijvertjes zijn meest alle nagenoeg even groot,

---

[1]) Edelsteen. [2]) Juweel. [3]) Smaragd.

en eenige weinige meters in diameter; soms echter zijn twee of meer naburige vijvertjes ineengevloeid en toonen zij biscuitvormige gedaanten. Het oppervlak is meestal cirkelrond of daartoe naderend. De bodem is soms panvormig, soms trechtervormig en soms meer trompetvormig. In het eerste geval ziet men in de diepte een aantal plaatsen, waar de stoomblazen in het water opstijgen; terwijl in de trechter- en trompetvormige bronnen de stoom bijna uitsluitend of tenminste in hoofdzaak uit de diepte van het midden te voorschijn komt.

Het water is zeer helder en de wanden zijn meestal wit, terwijl in het diepste gedeelte de bodem niet gezien kan worden. De kleur van het water is blauw, het diepste gedeelte bijna zwart. Deze kleur is zoo zuiver, dat zij alleen voldoende zou zijn om de bronnen tot juweelen en edelgesteenten te stempelen, maar zeer dikwijls zijn deze nog gevat in een ring van goud of van zilver. Dit is dan het geval, wanneer de rand zich zeer vlak uitspreidt, wat vooral bij de trompetvormige voorkomt; dan groeien daarin oranjebruine of zilverwitte wieren, die een gelijkmatig overtreksel over den vlakken bodem van den ondiepen rand vormen, wat dan den indruk van een ring rondom een edelen steen maakt.

Uit de duistere en raadselachtige diepte stijgt de stoom in blazen op. Nu eens in enkele groote, dan weer in talrijke kleine. Valt het licht gunstig in, dan schitteren deze blazen in de diepte als zilver of als goud, en worden dan soms, om hun beweeglijkheid, met vlammen vergeleken. Omhoog stijgende doen zij het water opborrelen en koken. Met den stoom wordt ook heet water opgevoerd, doch in zeer wisselende

hoeveelheden. Men leidt dit af uit het feit, dat de vijvertjes voortdurend overvloeien; het overtollige water loopt dan over den rand weg. Want elk vijvertje neemt in den regel het hoogste punt van den vlakken heuvel in, waarop het voorkomt. Sommige nu vloeien sterk over, andere weinig, nog andere in het geheel niet.

Tot de helderheid van het water en de overweldigend schoone kleuren draagt de bouw van den trechterwand zeer veel bij. Deze wand toch is meestal zeer zuiver wit. Zelden is hij vlak, of volgt hij nauwkeurig de bochten van den trechter, trompet of pan. Meestal ziet men hier en daar grootere en kleinere vooruitstekende bochten, die aanleiding geven, dat op de betrekkelijk eenvoudige thema's, zooals ik ze aangaf, tallooze varianten voorkomen. Bedenkt men daarbij dat de donkere diepte soms rond, soms ovaal en soms spleetvormig is, en dat de bovenste en buitenste rand in hooge mate van de omgeving afhankelijk is, dan kan men zich gemakkelijk voorstellen dat geen twee van die bronnen precies aan elkaar gelijk zijn.

Trots de groote hitte is de geheele wand levend. Hij bestaat uit microscopisch kleine wieren, die zich voeden met de opgeloste bestanddeelen van het water en die het kiezelzuur er uit vast leggen. Deze wiertjes zijn geleiachtig en slaan het kiezel ook als gelei neer, maar zij worden spoedig zoo hard, dat men de weeke oppervlakte ternauwernood voelen of zien kan: deze vormt slechts een dun overtreksel van de steenharde, maar toch levende massa. De temperatuur van het water komt, tot aan den rand, nabij het kookpunt. Ik nam in eenige bronnen 86—90° C. waar, terwijl ik den bol van mijn thermometer tegen de levende wie-

ren aandrukte. Het kookpunt van water is op deze hoogte slechts 92° C.; het hangt, zooals men weet, van de drukking der lucht, of van den barometerstand, zooals men het noemt, af. Men kan dus veilig zeggen, dat de geheele warme bron nagenoeg kokend water bevat, en dat de wieren dus aan deze temperatuur blootgesteld zijn. Wat ze niet belet om krachtig te groeien.

Al naar gelang van de soorten der wieren en van de bizondere omstandigheden, groeien zij bij voorkeur als randen of als koralen. In het eerste geval vormen zij talrijke ribbels, wier richting dwars op de richting staat, waarin het water over hen heenvloeit. In het laatste geval vormen zij korte, opstaande zuiltjes, zoo dik als een pink of dunner, en die zich veelal naar boven toe vertakken. Maar veel hooger dan een centimeter worden die zuiltjes niet, omdat zij zich van onderen snel verbreeden en daar dus tot een samenhangende massa inéén groeien. Overeenkomstige groeiwijzen vindt men trouwens ook bij de stoomspleten en rondom de geysers. Zeer fraaie, gitzwarte koraalvormingen bekleeden den geheelen binnenwand van den Black Growler, die daaraan dan ook zijn naam ontleent. Het is een groote, wijde spleet waarin het water nu eens tot onzichtbare diepte wegzakt, en dan weer opbruist, totdat het den smallen trechter geheel of ten deele vult. Vult het hem geheel, dan bevochtigt het het geheele zwarte koraalvlak en vloeit over, maar talrijker zijn de perioden dat het minder hoog opborrelt en dus den bovensten rand alleen met stoom bevochtigt.

Het overvloeiende water vormt de geyseriet-heuvels evenals bij de geysers. Overal, waar de grond vochtig

is, groeien de kiezelwieren, en leggen zij het kiezelzuur en de minerale bestanddeelen uit het water vast, zoodoende den grond met een nieuwe steenschaal bekleedende. Vloeit het water dan weer eens aan een andere zijde over den rand, dan wordt de eerste vlakte droog en verbrokkelt zijn nieuwe schaal, zoodat bijna overal de geyserietvlakten met zulke verbrokkelde gesteenten bedekt zijn.

Waar dit heete water over een helling vloeit die met planten begroeid is, doodt het ze. Niet alleen door de hitte, maar vooral door de vorming van een harde en ondoordringbare kiezellaag, die de lucht van de wortels afsluit en deze daardoor doet sterven. Telkens en telkens ziet men boomen die zóó gedood zijn, en zoowel in het Norris-bassin als op andere plaatsen zijn soms geheele bosschen op deze wijze te gronde gericht. De kale, gebleekte stammen getuigen dan nog jaren lang van de ramp. Soms vallen die boomen in een bron of over den rand, en dan worden zij geheel met een kiezellaag overtrokken. Ook kleinere takken en losse naalden worden zoo verkiezeld, en naast een bron vond ik, toen ik een stukje steen opnam en omkeerde, aan de onderzijde een paar dennenaalden op deze wijze uiterst fraai versteend.

Zeer kenmerkend voor de warme bronnen is de neiging van de korstwieren van den rand om in een dunne laag over het water heen, en dus naar het midden der bron toe te groeien. Bij den ingang van het Elk-Park zag ik een vrij groote, langwerpige bron, die over de eene helft met zulk een laag bedekt was, de andere was nog open en liet het diepe en helderblauwe water zien. Soms brokkelen deze randen af, en dan kan men hun inwendigen bouw uit schalen

duidelijk waarnemen. Meestal nemen zij allengs in dikte toe en vernauwen den vijver. Zoo zijn wellicht de kleinere waterhoudende gaten door het gedeeltelijk dichtgroeien van vroegere vijvertjes ontstaan.

In zeer enkele heete bronnen is het water troebel en modderachtig. Zoo b.v. in de paint-potten, die op grijze-verfpotten gelijken, en over de geheele oppervlakte koken. Trouwens, allerlei afwijkingen van het gegeven beeld komen voor. Van deze wensch ik hier alleen te wijzen op den Excelsior-geyser, die een kuil van vele meters diepte in de oude geyseriet-lagen gemaakt heeft en daarin een meertje vormt, zoo groot, dat men door de heete nevelen heen de overzijde niet zien kan. En eindelijk het Prismatic-lake, daar dicht bij, waar de geheele bodem, zoover ik zien kon, uit groote schuin geplaatste schotsen van een licht groene kleur en een geleiachtig draderige structuur bestond. Bizondere soorten van wieren geven aan zulke meren en plassen een zeer bizonderen kleur en vorm, zoodat zij dan ook telkens en telkens op den bezoeker een anderen indruk maken.

Chicago, Aug. 1904.

EXPERIMENTEELE EVOLUTIE

EXPERIMENTEELE EVOLUTIE

DE volgende bladzijden bevatten de feestrede, door mij uitgesproken bij de opening van het laboratorium voor experimenteele evolutie van het Carnegie-Institution, eenigszins gewijzigd en op verschillende punten ten behoeve eener nadere toelichting der voorgedragen denkbeelden uitgebreid. Het is misschien niet van belang ontbloot, daaraan enkele mededeelingen omtrent de stichting van dit laboratorium te laten voorafgaan.

Voor een aantal jaren werd door den heer Carnegie een instituut gesticht met het doel, zooveel mogelijk de studie der natuur te bevorderen. Dit Carnegie-Institution is gevestigd te Washington en beschikt over zeer rijke hulpmiddelen, waardoor het nu eens bestaande wetenschappelijke ondernemingen steunen en dan weer andere zelf op touw kan zetten. Het sticht dan afdeelingen of zoogenoemde departementen. Enkele daarvan, zooals het departe-

ment voor sterrenkunde, blijven te Washington en hebben daar hunne observatoriën en laboratoriën. Andere onderzoekingen zijn aan bepaalde plaatsen gebonden en worden dus daar uitgevoerd, waar de omstandigheden voor hen het gunstigst zijn. Zoo werd voor een paar jaren het woestijn-laboratorium te Tuscon (spr. T o e s o n n e) in Arizona gesticht, welk laboratorium ik in den loop der maand Juni het voorrecht had te bezoeken. Het heeft ten doel, het planten- en dierenleven te bestudeeren onder de eigendommelijke omstandigheden, die de woestijn met zich brengt. Het is wel geen eigenlijke woestijn, in den zin van een dorre en van plantengroei nagenoeg ontbloote vlakte, zooals ik ze in het zuiden van Californië zag. Het is een streek, waar de regenval geringer is dan de verdamping, en waar dus altijd gebrek aan water bestaat. Dit gebrek aan water beperkt den plantengroei tot drie groepen van gewassen. Ten eerste de kleine, kortlevende eenjarige soorten, die in 't eind van den winter, als er wat regen valt, ontkiemen, en die haar zaad rijpen vóór dat het korte natte seizoen voorbij is en de droogte intreedt. In de tweede plaats vindt men hier de cactussoorten, wier geribt lichaam bij den minsten regen zich vol zuigt met water en de plooien tusschen de ribben bijna uitwischt, zoodat het volume sterk toeneemt, en die dan bij aanhoudende droogte allengs inkrimpen, zoodat eindelijk hun takken slap langs den stam hangen, en het geheel er uitziet als afgestorven. Tal van boomachtige cacti,[1]) tot weinige soorten en geslachten behoorend, zag ik in dezen toestand. Naast deze beide groepen staan de

---

[1]) Cacti. Meervoud van cactus.

kleine, half-manshooge tot manshooge heesters, met zeer kleine bladeren of ook wel zonder blad en met groene stammen en takken, die hun leven behouden, dank zij de zeer geringe verdamping en de bijna ongelooflijke lengte der wortels, waardoor zij uit de onderste, soms meer dan 10 meter diepe lagen, nog in de droogste jaargetijden het noodige water kunnen opzuigen.

Verdamping en wortelgroei zijn voor dit laboratorium dus een hoofdonderwerp voor studie; daarnaast komt de vraag, welke soorten in de woestijn kunnen leven en waarom zij alleen dit kunnen, en tevens de verdere vraag naar den invloed, dien in de woestijn de bizondere samenstelling van den grond op verschillende plaatsen op den plantengroei oefent. Het spreekt van zelf, dat deze zaken alleen ter plaatse bestudeerd kunnen worden.

Zoo is het ook met de experimenteele evolutie gesteld. Niet in of nabij een groote stad vindt men in den regel de omstandigheden, die voor de studie daarvan het meest geschikt zijn. Vandaar dat het Carnegie-Institution eerst een uitvoerig onderzoek heeft doen instellen naar de meest geschikt gelegen plaats.

De keuze is daarbij gevallen op Long-Island, het lange, smalle eiland, dat zich ten Oosten van New-York uitstrekt en op welks meest westelijke punt de voorstad Brooklyn gelegen is. Voorbij Brooklyn vertoont het de talrijke kleinere en grootere villa's en buitenplaatsen van velen onder New-York's rijke handelslieden, de plaatsen waar dezen des Zondags de rust en de kalmte komen genieten, die nu eenmaal in het al te dicht bevolkte handelsgedeelte van New-York

niet te vinden zijn. Nog verderop liggen een aantal kleine steden en dorpen, en onder deze munt Cold Spring door zijn allerheerlijkste ligging te midden van boschbegroeide heuvelen uit. Het ligt aan de noordzijde van het eiland, ongeveer op een uur afstand van de kust, die hier een inham of natuurlijke haven vormt. Deze plaats heet Cold Spring Harbor.[1]) Aan den oever van de kleine golf zijn de heuvelen bedekt met bosschen en buitenplaatsen, onder welke laatste die van President Roosevelt hier verdient vermeld te worden. Deze golf was sinds jaren bekend als bizonder geschikt voor de studie van het leven van allerlei zeedieren. Men vindt ze ten deele aan de houten havenwerken, ten deele op de lagere plaatsen van een breede zandbank, die zich van den westelijken oever tot dicht bij den oostelijken, dwars door de baai uitstrekt. Hier leeft de reusachtige eenstaartskreeft, waarvan ik honderden van exemplaren in het ondiepe water vlak bij mij kon zien, velen van hen bezig met eieren leggen. Hier leeft de bijna onzichtbare kleine springstaart, en soort van het geslacht Columbula. Om ze te zien moet men een stuk wit papier op het strand leggen. Dadelijk is dit bedekt met een groot aantal heele kleine zwarte puntjes, die lustig op en neer en heen en weer springen. Allerlei andere diersoorten kan men hier bestudeeren, waaronder een heel gewone kleine zee-anemoon, behoorende tot het geslacht Sagartia.

Sinds jaren was dan ook aan deze kust een Marine Laboratory gesticht, dat echter, bij gebrek aan fondsen, eigenlijk alleen des zomers in gebruik was. Van

---

[1]) Koude-Bron-Haven.

deze bizondere omstandigheden en deze uitmuntende gelegenheid heeft nu het Carnegie-Institution gebruik gemaakt voor de stichting van zijn nieuw laboratorium. Het heeft de beschikking verworven over de voorhanden gebouwen, bestaande in de directeurswoning, den Library-Hall [1]) en het eigenlijke laboratorium, die, op korten afstand van elkander, aan den westelijken oever, dicht bij het zuidelijke uiteinde van de baai gelegen zijn. Het heeft tevens den directeur van het Marine Biological Laboratory tot directeur van de nieuwe stichting benoemd, hem daarbij opdragende, niet alleen enkele weken des zomers, gedurende de vacantie, te Cold Spring Harbor te vertoeven, maar zich daar voor goed met der woon te vestigen.

De heer Davenport, algemeen bekend om zijn statistische onderzoekingen over de veranderlijkheid van dieren in verband met de plaatsen waar zij leven en met de waarschijnlijke wijze van hun ontstaan, was sinds vele jaren hoogleeraar in de dierkunde aan de Universiteit van Chicago, en tevens belast met het bestuur van het zee-laboratorium. Zijne echtgenoote stond hem in dit laatste krachtig ter zijde, en heeft een aantal onderzoekingen over de dieren van den Cold Spring Harbor het licht doen zien, onder andere een zeer belangwekkende studie over den invloed van de vermenigvuldiging door deeling op het aantal armen van de bovengenoemde zee-anemonen.

Het oude laboratorium voldeed echter niet aan de eischen der nieuwe stichting. Het was slechts voor enkele weken of maanden des jaars ingericht, en daarenboven alleen voor zoölogische studiën. De

---

[1]) Bibliotheek-zaal.

evolutie der levende wezens moet echter zoowel aan planten als aan dieren bestudeerd worden, en bij den tegenwoordigen stand der wetenschap biedt het onderzoek van planten de grootste kansen op spoedige en belangrijke resultaten. Er werden daarom plannen gemaakt voor een nieuw gebouw, voldoende aan alle eischen van den tegenwoordigen tijd en voor een uitgebreiden proeftuin in de onmiddellijke nabijheid. Tijdens mijn bezoek, in Juni van dit jaar, was men met den bouw gevorderd tot aan de eerste verdieping, en was de proeftuin afgepaald en met voorloopige culturen bezet, wier doel echter vooralsnog in hoofdzaak was, om door voortdurende bewerking den grond te zuiveren van de wortelstokken en zaden van de wilde soorten, die daar vroeger gegroeid hadden. De eigenlijke proeven zouden eerst later begonnen worden, maar de zaden daartoe waren reeds grootendeels bijeengebracht.

In de maand Mei bracht de nieuwe directeur zijne huishouding van Chicago naar Cold Spring Harbor over, en begon de verandering van de oude in de nieuwe stichting. Toen deze naar wensch gevorderd was en alles zoover was geregeld, dat aan bezoekers een voldoend denkbeeld kon gegeven worden van de plannen en methoden van werken, werd het tijdstip gunstig geoordeeld om het nieuwe laboratorium plechtig te openen. Het ontving den naam van Laboratory for experimental evolution [1]) en den rang van een departement van het Carnegie-Institution te Washington. Behalve den directeur zijn daaraan ver-

---

[1]) Onderzoek-inrichting voor de proefondervindelijke ontwikkelingsgeschiedenis.

bonden twee assistenten en een secretaris. Als assistent belast met het plantkundige gedeelte treedt op de heer Dr. G. Shull, die te Chicago onder leiding van Davenport studeerde, terwijl de heer Luts met het zoölogisch gedeelte belast is. Secretaris of „stenographer” zooals het in Amerika heet, is Miss Luts, wier naam slechts bij toeval en niet door verwantschap met dien van den laatstgenoemden assistent overeenkomt.

De plechtige opening was bepaald op Zaterdag 11 Juni. Uitgenoodigd waren allen, die te New-York en elders in ontwikkelingsgeschiedenis belangstellen, en een tachtigtal van hen, meest onderzoekers van naam of professoren of instructoren aan bekende inrichtingen van onderwijs, hadden aan de uitnoodiging gevolg gegeven. Enkelen waren daartoe zelfs uit Washington en andere meer verwijderde plaatsen overgekomen. Zij allen werden verzocht hunne namen te plaatsen in een album, dat als gedenkboek van de stichting daartoe gecalligrapheerd was. Behalve deze geleerden waren de bewoners der omliggende buitenplaatsen en villa's talrijk opgekomen, deels uit belangstelling in de nieuwe stichting, deels omdat zij reeds te voren van die belangstelling de meest ondubbelzinnige bewijzen hadden gegeven. Terwijl namelijk de gelden voor de stichting door het Carnegie-Institution werden gegeven, was het terrein voor het nieuwe gebouw en de proeftuin en de noodige grond voor eventueele latere uitbreidingen door een aantal der rijke naburen aan de stichting aangeboden.

Omstreeks twaalf uur kwam de eerste groep van genoodigden aan het station te Cold Spring aan, van waar men in een langen stoet van rijtuigen door het

heerlijke bosch en ten deele langs de beek, die in de baai uitstroomt naar het laboratorium reed. Voor hun vervoer waren door de Long-Island Spoorwegmaatschappij de noodige bizondere wagens kosteloos ter beschikking gesteld. Een dezer wagens kwam van New-York, de andere van Brooklyn, beide vereenigden zich aan het station Jamaica. De gasten werden in de woning van den directeur Davenport ontvangen en gebruikten aldaar, deels in de versierde kamers, deels op het ruime balkon, het luncheon. Daarna begaf men zich naar den Library Hall, het grootste der beschikbare localen, dat voor deze gelegenheid ten deele ontruimd en van een spreekplaats voorzien was.

De plechtigheid werd geopend door den heer Davenport, die er op wees, dat studiën over evolutie en vooral proefondervindelijke studiën niet van dien aard zijn, dat zij spoedige uitkomsten beloven, en dat de stichters en belangstellenden dus geduldig moeten afwachten wat men eenmaal bereiken zou. Het nieuwe laboratorium is wel eenig in zijn opvatting en in het doel van zijn streven, toch zal het zich zooveel mogelijk in verbinding stellen met andere inrichtingen, die hetzij in Amerika, hetzij elders, de studie der ontwikkelingsgeschiedenis beoogen. Ten slotte bracht de directeur zijn dank aan de directeuren van het Brooklyn-Institute of Arts and Sciences,[1]) de vroegere stichters van het Marine Biological Laboratory, die dit geheele laboratorium met al zijn inrichtingen aan de Carnegie-Institution ten geschenke aangeboden hadden, aan de gevers van het voor de

[1]) Instituut voor Kunsten en Wetenschappen te Brooklijn.

vergrooting benoodigde land, en aan de locale Wawepex-Society, die de stichting door een echt Amerikaansche bijdrage in de kosten grootelijks bevorderd had.

Daarna hield de voorzitter der Wawepex-Society een toespraak, aan het einde van welke hij de eigendomsbewijzen aan den heer Billings als vertegenwoordiger der Carnegie-Institution ter hand stelde. Hij schetste de geschiedkundige ontwikkeling van het dorpje Cold Spring Harbor. Vroeger was dit een haven voor walvischvangers en zeer welvarend, later was dit echter, ten deele door het verzanden van de haven, ten deele door het gebruik van grootere schepen en door andere oorzaken allengs afgenomen, en thans hebben de walvischvangers andere havens opgezocht en is het dorp in verval geraakt. Het bestaat nu voornamelijk door de aanwezigheid van zoo talrijke New-Yorkers in den omtrek.

Dr. Billings nam de bedoelde papieren met een kort antwoord aan, waarin hij er op wees hoe grooten invloed de studie der ontwikkelingsgeschiedenis op de philosophie en op de theologie gehad hebben, en hoe groote resultaten men daarvan ook op sociaal gebied verwachten mag. Hij sprak ten slotte eenige woorden tot den directeur en verklaarde zich ten volle bewust van den langzamen gang, dien het onderzoek noodzakelijk moest gaan. Laat ons hopen, zeide hij, dat bij de viering van den vijftigsten verjaardag van deze stichting de bewijzen ruimschoots zullen voorhanden zijn, dat de stap dien wij thans doen, wijs en gerechtvaardigd was.

Na hem werd nog een woord van welkom namens de buren van het nieuwe laboratorium gesproken door

den heer F. W. Hooper, die kortelijks aan de verdiensten van de heeren Deane en Conn, de beide voorgangers van den tegenwoordigen directeur, herinnerde. Daarna werd het woord gegeven aan schrijver dezes, voor het houden van de volgende feestrede.

De evolutie der organische wezens was tot nu toe eensdeels een voorwerp van diepe bewondering, en anderdeels van vergelijkende studie. Uit de algemeene verschijnselen die de verwantschap van planten en dieren ons overal in de natuur doet zien, meende men den gang der ontwikkeling zelve te kunnen afleiden.

Thans is dit anders geworden. Men is niet meer tevreden met de kennis van de groote lijnen van het proces, men wil tot in de fijnste bizonderheden daarvan doordringen. Men wil nieuwe soorten zien ontstaan, en onderzoeken door welke wetten haar ontstaan beheerscht wordt, en van welke invloeden het afhankelijk is. Men wil trachten deze kennis zóó uit te breiden, dat het eenmaal mogelijk zal zijn, zelf in de verandering der soorten in te grijpen. Het is niet voldoende, ons deel te hebben in de vruchten van het werk der natuur; wij willen ook ons deel in het werk zelf hebben. Ja, wij willen trachten het werk te beheerschen en te leiden, ten einde nog betere vruchten te verkrijgen.

Ongetwijfeld is dit een hoog en verheven doel. Maar door den bouw van dit laboratorium zijn de voorbereidingen getroffen, die noodig zijn om het te be-

reiken. De grondslagen voor een onderzoek zijn op breede schaal gelegd, met het vaste voornemen aan de natuur geheimen te ontwringen, die tot nu toe onschendbaar schenen.

De ontwikkelingsgeschiedenis van het planten- en dierenrijk moet een proefondervindelijke wetenschap worden. Eerst moet zij grondig worden bestudeerd en zooveel mogelijk gecontroleerd, daarna moet zij in haar tegenwoordigen voortgang worden geleid, om eindelijk op verschillende punten ten nutte der menschheid te worden veranderd.

Deze denkbeelden zijn reeds voor een bepaalde richting uitgesproken en uitgewerkt door den heer D a v e n p o r t, die thans tot directeur van dit laboratorium is benoemd. Zijn werk draagt den titel „Experimenteele Morphologie", een combinatie van begrippen, die aanvankelijk zeer gewaagd scheen, maar die sedert allengs burgerrecht verkregen heeft. Proefondervindelijke vormleer is echter nog geen experimenteele evolutie. De eerste bepaalt zich tot de studie der oorzaken, die het verschijnen van de reeds gegeven vormen der soort in de bepaalde gevallen beheerschen, de tweede vraagt naar de oorzaken van het ontstaan van nieuwe eigenschappen. De aardappelplant maakt uit het onderste gedeelte van haar stam uitloopers, die onder gewone omstandigheden aan hun top elk een aardappel voortbrengen, maar die in andere gevallen boven den grond groeien en tot groene, bebladerde stengels worden kunnen. De experimenteele morphologie vraagt waarom nu eens aardappelen en dan weer stengels ontstaan, van welke omstandigheden en oorzaken dit afhangt, en hoe men het verschijnsel naar willekeur kan regelen.

De experimenteele evolutie daarentegen vraagt hoe het komt, dat onder de talrijke soorten van het geslacht Solaum er één is die aardappelen voortbrengt, welke oorzaken en wetten, en welke bizondere omstandigheden het allereerste ontstaan van dit vermogen beheerschen, en hoe men, misschien, bij andere soorten van hetzelfde geslacht, of wellicht zelfs in andere geslachten, eveneens een vermogen om aardappelen te maken zou kunnen te voorschijn roepen.

Om zulke vragen te beantwoorden, wordt natuurlijk veel tijd en veel studie vereischt. Maar het nieuwe laboratorium is voorzien van de noodige inrichtingen, van uitgebreide cultuurvelden en van het vereischte personeel, om dit onderzoek aan te vangen. Langzaam en geleidelijk moet het beginnen, en de moeilijkheden zullen in den aanvang uiterst talrijk zijn. Maar alles wijst er op, dat de hoop gegrond is, dat het ten slotte gelukken zal ze te overwinnen, en wetten te ontdekken, wier toepassing in wetenschap en praktijk voor het menschdom een zegen zal worden.

Op het gebied der evolutie gaat het onderzoek in Amerika en in Europa thans hand in hand. Moge jaren geleden het zwaartepunt in de oude wereld gelegen zijn, in de laatste tijden is een snelle verandering duidelijk te bespeuren. Talrijker en talrijker worden de bijdragen uit de nieuwe wereld, en meer en meer raken zij de dieper gelegen, ja de moeielijkste vraagstukken. In Amerika hebben de leer der bevruchting, de rol van het mannelijk element daarbij, ja zelfs de uiterst moeielijke vraag naar de oorzaken, die het geslacht van het nieuwe individu bepalen, door de ontdekking van zeer belangrijke feiten een geheel onverwachten steun gekregen en is ook de rol der

cel-kernen en haar aandeel aan de bepaling der erfelijke eigenschappen onlangs uit het speculatieve stadium van onderzoek tot dat van rechtstreeksche microscopische waarneming overgegaan. Op talrijke andere punten is een toenemende vooruitgang te bespeuren, en daarom heb ik er bizonderen prijs op gesteld, dat bij de opening van dezen nieuwen weg van onderzoek het houden der feestrede aan mij is opgedragen. Dit toch getuigt van een streven naar samenwerking, dat dezerzijds natuurlijk hoogelijk gewaardeerd wordt.

De taak, die ik op mij heb genomen, sluit in zich, een denkbeeld te geven van wat ik mij voorstel, dat op het gebied der experimenteele evolutie, zoowel in de eerste als in de latere jaren, te onderzoeken zal zijn, welke methoden daarbij kunnen worden gevolgd, en welke uitkomsten, wellicht, mogen worden verwacht.

Uit den aard der zaak is deze taak deels een zeer reëele, deels een uitermate bespiegelende, bijna gelijk aan een droom. Wat voor de eerste jaren het werk en de verwachtingen zijn, laat zich op vaste grondslagen en tot in vrij fijne bizonderheden uitwerken. Maar wat de verre toekomst eens brengen zal, kunnen wij thans nog ternauwernood vermoeden. Slechts wat wij hopen en gaarne verwezenlijkt zouden zien, laat zich schetsen, en zelfs dit nog in zeer grove trekken. Toch is dit het oogenblik, waarop het bespreken van dergelijke verwachtingen geoorloofd en noodig is, en waarop misschien uit een zeer vage hoop en een droomerig denkbeeld een middel kan ontstaan, dat, aan de ervaring getoetst, den weg wijst tot geheel nieuwe middelen van onderzoek en tot te voren onverwachte uitkomsten.

Vergunt mij het onzekere aan het zekere te doen voorafgaan, en eerst de verdere toekomst te beschouwen, om daarna tot het werkplan voor de eerstvolgende jaren over te gaan. Vergunt mij tevens daarbij een beeld te gebruiken, ten einde mijne bedoelingen op gemakkelijker wijze duidelijk te maken.

De wetenschap is een veld van licht, te midden van bijna ondoordringbare duisternis. Helder schijnt het licht op de menschheid, verlossing brengende van onkunde en onmacht, van twijfel en vrees. Door gestadigen en harden arbeid en door de toewijding van velen wordt het licht onderhouden en zijn gebied allengs vergroot, en dringen de zegeningen van ervaring en macht over de natuur allengs in grooter kringen door. Amerika is rijk aan stichtingen, die de middelen geven tot onderzoek en onderwijs, tot verdieping en verspreiding van kennis, en iedereen weet, hoe naijverig Europa op de mogelijkheid van zulke schenkingen, en op den edelen, vaderlandslievenden en het menschdom bevoordeelenden geest is, die daaraan ten grondslag ligt.

In ons beeld kan de vermeerdering van kennis op tweeërlei wijzen plaats vinden. Ten eerste door gestadig en zorgvuldig werk in het lichtveld zelf. De grond moet worden beploegd en de grenzen moeten worden uitgebreid, en honderden en duizenden van onderzoekers zijn onvermoeid bezig alle leemten aan te vullen en aan alle kanten op de eenmaal vaststaande grondslagen voort te werken.

Daarnaast staat het tweede middel van vooruitgang. Van uit het groote veld worden lichtpunten uitgeworpen in de omringende duisternis. Hun kansen om uitgedoofd te worden, en zonder gevolgen voorbij te

gaan zijn natuurlijk voor de hand liggend, en tallooze pogingen leiden dan ook niet tot de gewenschte uitkomst. Maar van tijd tot tijd verwerven zij vasten voet en staan zij als bakens, ver in de donkere omgeving. Dan wijzen zij den weg voor een veel snelleren vooruitgang. Rondom de bakens kan het licht zich uitbreiden, en tusschen hen en het groote lichtveld wordt de duisternis van twee kanten bestreden, zoodat het vroeg of laat gelukken moet, de bakens met het lichtveld te verbinden, en al het terrein tusschen hen beiden te veroveren en toegankelijk te maken. Zoo worden de uitgeworpen lichtpunten de middelen tot een snelleren vooruitgang in bepaalde richtingen.

Vandaar dat zulke lichtpunten de groote feiten geworden zijn, die de geschiedenis van het natuurkundig onderzoek ons bewaart. Zij maken den naam van de mannen, die ze uitwerpen onsterfelijk, zij zijn als het ware de keerpunten der historie. Baco en Newton, Lyell en Darwin staan onder allen vooraan, en in den tegenwoordigen tijd wijden Edison en Marconi, Röntgen en Curie den arbeid van hun genie aan de belangen der menschheid.

Met deze opvatting van de beide hoofdbeginselen van vooruitgang op het gebied van kennis en wetenschap vereenigt zich het Carnegie-Institution ten volle. Te Washington heeft het zijn zetel; hier werkt het regelmatig en gestadig voor de bevordering der algemeene wetenschappelijke belangen. Daarnaast heeft het een eerste lichtpunt uitgeworpen ver in de dorre woestijn, om een baken te worden van onderzoek in de talrijke vragen van theoretisch en practisch belang, die de woestijn ons aanbiedt. De oorsprong van de flora en de fauna van die waterarme streken

moet worden nagegaan. Hoe zijn sommige planten en dieren er toe gekomen, bij voorkeur daar te leven? Waardoor zijn zij in staat gesteld, in millioenen van exemplaren zich te vermenigvuldigen, waar andere soorten noodzakelijk zouden te gronde gaan? Hebben zij bij dien overgang hun natuur veranderd, of zijn zij slechts uitgezocht uit vele anderen, en zijn alleen zij toegelaten, die reeds van den aanvang af geschikt werden bevonden? Hoe kan de mensch in dit proces ingrijpen? Is hij beperkt tot de werken van irrigatie en tot de keus van elders bekende, maar toevallig voor de nieuw te ontginnen landen passende soorten van land en tuinbouwgewassen?

Deze en tallooze andere vragen moeten worden beantwoord. Om daartoe bij te dragen heeft het Carnegie-Institution een laboratorium ingericht, midden in de woestijn. Het is gebouwd op de heuvelenreeks nabij Tucson in Arizona, een der oudste Spaansche stichtingen in die bijna onbewoonbare landstreek, en thans een bloeiende en zich snel ontwikkelende stad, met groote industrieën en een levendigen handel op Mexico, en met toenemenden landbouw, gegrondvest op kunstmatige irrigatie.

Het woestijn-laboratorium staat onder het toezicht van de plantkundigen Coville te Washington en Mac Dougal te New-York, terwijl Dr. Cannon, met den titel van „resident-investigator" [1]) de werkzaamheden leidt. De hoop op een wetenschappelijke en praktische verovering der woestijn is de grondslag van het werk, en alles wijst er op, dat deze hoop ten volle gewettigd is.

---

[1]) Inwonend onderzoeker.

Heden wordt een tweede lichtpunt door het Carnegie-Institution in de omringende duisternis uitgeworpen. Het is het laboratorium, dat wij thans inwijden. Het moet een baken worden in een veel dichter duisternis; het moet veel moeilijker vraagstukken aanvatten, en kan daarbij slechts op een veel zwakkeren grondslag van voorafgaande kennis steunen. Het heeft een veel hooger doel, en streeft naar vruchten van meer algemeen belang. Het moet een leidster worden op een gebied van geheel onverwachte feiten en ontdekkingen en een bron voor geheel nieuwe methoden van verbetering van onze huisdieren en landbouwplanten. Het heeft een veel zwaarderen arbeid voor zich en zal eerst na jaren van voorbereidende studie de groote praktische problemen rechtstreeks kunnen aanvatten.

Maar hoelang deze periode van stillen arbeid ook moge duren, er kan geen twijfel zijn, of het doel zal eenmaal worden bereikt. De geheele inrichting, de rijke middelen, maar vooral de persoon van den directeur en de keuze van zijn staf beloven een glansrijke toekomst. Welke die toekomst zal zijn, laat zich natuurlijk niet in bizonderheden omschrijven. Toch is het wenschelijk, de verwachtingen eenigszins nader uit te werken, welke de tot nu toe genomen maatregelen met recht kunnen doen ontstaan.

Zulke verwachtingen binden niet, want 's werelds loop laat zich niet voorspellen. Maar ik zie geen bezwaar in een schets, daar ik ten volle overtuigd ben, dat de uitkomst toch eenmaal de meest schitterende verwachtingen overtreffen zal.

Meer in bizonderheden gaande, kunnen wij ook hier ons beeld van het lichtveld der wetenschap toepassen. Ook dit laboratorium moet zulk een veld worden, dat

door vlijtigen arbeid zich steeds vergroot, maar van waaruit tevens losse lichtpunten in de omringende duisternis worden uitgeworpen. Hoe het werk op het veld moet geschieden, laat zich ten minste in groote trekken berekenen; wat de bakens zullen kunnen bereiken laat zich ternauwernood gissen. Het is als een droom. Maar het is een zeer verleidelijke droom, en ik vind geen reden, om aan die verleiding weerstand te bieden. Daarom zal ik trachten te schetsen, wat ik in dien droom heb meenen te zien, en welke hoop het denkbeeld van experimenteele evolutie, in verband met de groote ontdekkingen van onzen tijd op verwant gebied, in mij opwekt.

Mijn droom is uitgegaan van de oude vraag, wat er in een ei is, dat dit in staat stelt al de eigenschappen van een vogel allengs te ontwikkelen. Waarom wordt uit het eene ei een kip, en uit het andere een fazant geboren? Welke eigenschappen hebben de ouders daarin gelegd, die met klaarblijkelijke noodzakelijkheid de ontwikkeling in een bepaalde richting leiden? Natuurlijk moet er in het eigenlijk levende deel van het ei, het zoogenaamde kiemvlekje iets anders zijn, zoo er een kip, en iets anders zoo er een fazant uit ontstaan zal. De dooier en het eiwit zijn slechts voedsel, en daarin kan de oorzaak van het verschil dus moeilijk liggen. Nog grooter verschillen moeten er zijn tusschen het ei van een vogel en van een slang, en veel grooter natuurlijk tusschen die en de eieren van zeesterren en zeeappels, die bekende soorten, die zoo dikwijls door de zee op ons strand worden geworpen, en wier eieren en larven een zoo zeer gezocht materiaal voor de studie der ontwikkelings-verschijnselen geworden zijn.

Nu zouden wij kunnen trachten, ons een voorstelling te maken van den aard dezer onzichtbare verschillen. Wij zouden kunnen vragen, wat wellicht het microscoop ons openbaren zal, wanneer het zijn gebied nog verder zal uitgebreid hebben en deeltjes, die thans nog onzichtbaar zijn, zoo zal kunnen vergrooten, dat wij ze rechtstreeks kunnen waarnemen. Maar op deze vraag wil ik thans niet ingaan. Liever wil ik vragen, of het mogelijk zou kunnen zijn, in de samenstelling van die kiemen willekeurig veranderingen te weeg te brengen, zóó, dat het dier dat uit het ei ontstond, andere eigenschappen zou vertoonen dan zijne ouders. Natuurlijk bedoel ik niet, dat men zou kunnen trachten uit een zeesterren-ei een slang, of uit een schildpadden-ei een vogel te maken. Die verschillen zijn veel te groot. Aanvankelijk zal men wel met de allerkleinste veranderingen tevreden moeten zijn. Laat ons daarom een voorbeeld kiezen van zulk een zeer kleine en schijnbaar onbeteekenende wijziging.

De gewone pauw heeft een witte variëteit, die de schitterende kleuren van de gewone soort mist. Uit de eieren dezer variëteit komen steeds weer witte pauwen. Er moet dus tusschen het ei van een gewone en dat van een witte pauw een verschil zijn dat het verschil in kleur bewerkt. Dit verschil echter kan eenvoudig zoo beschouwd worden, dat men zegt, dat de kleuren in het eene geval vrij tot ontwikkeling komen, terwijl zij in het andere daarin door een of andere oorzaak worden belemmerd. Wat is nu deze oorzaak, en hoe zou men die kunstmatig kunnen nabootsen? Met andere woorden, zou het mogelijk zijn, een middel te ontdekken dat in het ei van een gewone

pauw, de kleuren kan beletten tijdens den lateren groei te voorschijn te treden?

Wij moeten natuurlijk aannemen, dat in het ei voor elke eigenschap en dus ook voor de kleuren, bepaalde deeltjes voorhanden zijn, die die eigenschap als het ware vertegenwoordigen, en die door zich te vermenigvuldigen, tijdens de ontwikkeling van het jonge dier ten slotte de kleuren doen ontstaan. Kon men die deeltjes nu dooden, of ook slechts zóó verzwakken, dat zij, in vergelijking met andere achterlijk bleven, dan zou misschien uit een gewoon pauwenei, in eens en kunstmatig, de witte variëteit kunnen verkregen worden.

Overlegt men de zaak op deze wijze, dan schijnt het dat men met heele kleine veranderingen in een ei, zeer groote wijzigingen in een organisme zou kunnen teweeg brengen. Een witte variëteit van de pauw zou slechts een herhaling zijn van iets dat reeds bestond. Maar het is duidelijk, dat dezelfde redeneering van toepassing zou zijn op vogels en andere dieren, waarvan zulk een variëteit nog niet bestaat, zoodat men werkelijk iets nieuws zou krijgen. Ja men zou het beginsel misschien ook op bloemen kunnen toepassen. Witte afwijkingen van soorten met blauwe of roode bloemen komen zoo algemeen voor, dat het slechts natuurlijk schijnt om aan te nemen, dat elke rood- of blauwbloemige plant er eene zou kunnen hebben. Toch is dit nog niet het geval, en zijn er tuinplanten, waarvan een witte vorm nog steeds te vergeefs gezocht is en zeker, zoo zij gevonden of voortgebracht kon worden, door kruising met andere, tot een belangrijke vermeerdering der vormen zou kunnen bijdragen. Ik noem slechts de bloeiende canna's, wier kleur rood

is, doch met geel vermengd. Verlies van het rood zou ze zuiver geel doen worden, verlies van het geel zuiver karmijnrood, terwijl een verlies van beide kleuren noodig zou zijn, om de zoo zeer gewenschte witte variëteit te doen ontstaan. Maar men heeft haar nog niet gevonden, en kan haar voorshands ook nog niet maken.

Is het mij gelukt duidelijk te maken, wat men in zulk een bepaald geval door vernietiging of verzwakking der vertegenwoordigende deeltjes in een ei van een dier of in een zaadknop van een plant wellicht eenmaal zou kunnen bereiken, dan mogen wij dit denkbeeld natuurlijk uitbreiden. De kleuren dienden ons slechts als voorbeeld. Juist dezelfde beschouwing zou men ook op allerlei andere eigenschappen kunnen toepassen. Doornlooze en onbehaarde variëteiten worden dikwijls als verdere voorbeelden aangehaald. Verlies van het meel in het zaad onderscheidt de suikererwten en de suikermais van de gewone soorten. Er zijn aardbeziën die geen uitloopers en Acacia's die geen gevinde bladeren maken. Dit zijn natuurlijk slechts onbelangrijke wijzigingen, maar het is duidelijk dat als men die kunstmatig kon maken, men allengs tot meer belangrijke zou kunnen overgaan. Groote verbeteringen onzer nuttige dieren, of van land- en tuinbouwplanten zouden ten slotte mogen worden verwacht.

Gaarne geef ik toe, dat wij van het bereiken van dit doel nog ver af zijn. Maar bij de stichting van een nieuw laboratorium met een nieuwe richting van onderzoek komt het mij toch wenschelijk voor zulk een blik in de toekomst te slaan. Natuurlijk kan men niet voorspellen wat later eenmaal zal worden ont-

dekt. Maar het is van groot belang, een heldere voorstelling van de mogelijkheden op dit gebied te hebben, teneinde van elke toevallige vondst terstond de waarde en de beteekenis te kunnen beoordeelen. Zonder die voorzorg zou allicht een kleine ontdekking kunnen verloren gaan, die toch het punt van uitgang had kunnen worden, van waaruit ten slotte de oplossing van het raadsel had kunnen bereikt worden.

Daarom wensch ik thans na te gaan, welke kansen er zijn, om in eieren zulke veranderingen teweeg te brengen. Ik stel daarbij voorop, dat alles, wat men tot nu toe omtrent de physiologie van de eieren der meest verschillende soorten van dieren onderzocht heeft, en alle veranderingen, die men daarbij feitelijk in de kiemen teweeg heeft gebracht, grof is in vergelijking met het verschijnsel dat ons thans voor den geest zweeft. Een kleurverandering in de veeren van een pauw zou natuurlijk volkomen onzichtbaar blijven, zoolang het kuiken in het ei ligt, en zelfs nog geruimen tijd daarna. En zoo zou het met allerlei andere eigenschappen zijn. Zichtbare veranderingen in de kiem en het kuiken komen ons, van dit standpunt, voor als grove monstrositeiten, die wel belangrijk, maar niet het doel van ons streven zijn. Wat men thans moet zoeken zijn onzichtbare, en zich eerst veel later verradende wijzigingen.

Het dooden van enkele vertegenwoordigende deeltjes in een ei is misschien het beste voorbeeld, ofschoon het allicht in de praktijk nog te grof zal blijken. Men zou kunnen trachten het te bereiken met een methode, die door Engelmann voor andere doeleinden gebruikt is. Ligt een levende cel onder het microscoop, zoo kan men het licht dat haar beschijnt, door een

lens laten gaan, en die lens zoo kiezen en zoo plaatsen, dat haar brandpunt juist in het veld van het microscoop valt. Is de lens aan een eigen, beweeglijk statief bevestigd, dan zou men dit brandpunt zich onder het microscoop kunnen doen verplaatsen. Men zou dan in een vrij donker veld een helder lichtend punt als het ware kunnen laten wandelen. Is het klein genoeg om een enkele bladgroenkorrel, of een celkern, of zelfs een deel van een kern te treffen, zoo zou men alleen dat punt kunnen verlichten. Op deze wijze heeft Engelmann rechtstreeks aangetoond dat het licht in de groene deelen der cellen zijn koolzuur-ontledende werking uitoefent, en niet in de kleurlooze gedeelten van het levend protoplasma.

Nu concentreert een lens natuurlijk niet alleen de licht- maar ook de warmtestralen. Iedereen weet, dat voorwerpen, in het brandpunt geplaatst, verhit worden; vandaar trouwens de naam. Past men dit onder het microscoop toe, dan zou men dus een klein deel van een cel sterk kunnen verwarmen, zonder de overige deelen te beschadigen. Spoedig zou daarbij de warmte zoo groot worden, dat het getroffen deel afstierf. Zoo kan men enkele bladgroenkorrels dooden, terwijl de overige deelen der cel levend blijven. Als men nu voorzichtig een celkern, of een deel daarvan tot dicht bij de temperatuurgrens van het leven verwarmde, zou men mogen verwachten, dat die grens niet voor alle deeltjes dezelfde is. Enkele zouden eerder sterven, andere later. In een gunstig geval zou men dus de meest gevoelige kunnen dooden, maar de overige sparen.

Gesteld nu, dat men er enkele trof, die voor de ontwikkeling niet volstrekt noodzakelijk waren, dan

zou men misschien, langs dezen weg, een variëteit kunnen tot stand brengen. Natuurlijk zou er nog heel wat te bestudeeren en te beproeven zijn, vóórdat men zoover kon komen. Doch dit is thans niet de zaak die ons bezighoudt. Het kwam er slechts opaan, aan te toonen, dat er een weg is, die de kans op zulk een ingrijpen opent.

Waarschijnlijk zal het volstrekt niet noodig zijn, bepaalde deeltjes in een ei te dooden, om zichtbare veranderingen in het daaruit groeiend organisme teweeg te brengen. Veel natuurlijker schijnt het ze eenvoudig in meerdere of mindere mate te verzwakken, hetzij tijdelijk, hetzij op den duur. Door een tijdelijke verzwakking zou men kunnen hopen ze achterlijk te maken in vergelijking met de overige factoren van het ontwikkelingsproces en daardoor misschien de fijnst mogelijke wijziging te erlangen.

Een eerste middel dat zich daarbij aanbiedt is het bedwelmen. Aether en chloroform werken op dierlijke en plantaardige cellen op overeenkomstige wijze als op het menschelijk organisme, en wellicht zou men daarvan gebruik kunnen maken, om geringe storingen in de allereerste ontwikkeling te doen optreden. Reeds zijn een aantal feiten bekend, die de uitgesproken hoop wettigen, of ten minste steunen. Wat eieren betreft, gebruikt men bij voorkeur die van zee-egels en zee-appels, die deels om hun doorschijnendheid, deels om hun taaiheid, deels om allerlei andere redenen voor onderzoekingen bizonder geschikt zijn. Wilson heeft nu vóór, tijdens, en na de bevruchting aether op zulke eieren laten inwerken. Zichtbare afwijkingen van het normale proces waren daarvan het gevolg. Zoo kan de mannelijke kern belet

worden met de vrouwelijke te copuleeren, doch daarbij op eigen gelegenheid voortgaan met groeien. Ook kunnen de stralen-sphaeren, die gewoonlijk van de kernen uitgaan, en waarlangs zij vermoedelijk haren invloed op de cel oefenen, door de werking van aether tijdelijk worden uitgewischt, of ten minste onzichtbaar gemaakt, zonder dat daardoor de levensverschijnselen en met name de deelingen in de kernen merkbaar worden gestoord. Dan kunnen de kernen zich vermenigvuldigen, zonder dat dit door de overeenkomstige celdeelingen wordt gevolgd en er ontstaan veelkernige cellen. Wilson kon soms 64 kernen in een enkele cel tellen, terwijl het normale aantal niet meer dan één bedraagt. Eindelijk kunnen de celdeelingen zoo onregelmatig worden, dat zij, inplaats van tusschen de kernen door te gaan, langs deze den nieuwen wand maken, zoodat de eene helft geen en de andere beide of alle jonge kernen krijgt. Zulke kernlooze cellen vertoonen dan natuurlijk allerlei afwijkende verschijnselen.

De meeste van de beschreven afwijkingen zijn van voorbijgaanden aard, zoo de bedwelming slechts kort genoeg duurt. Is het nog mogelijk, dan keert daarna de kiem tot het normale ontwikkelingsproces terug. Maar misschien blijft er toch nog iets over, dat, aanvankelijk onzichtbaar, en dus tot nu toe niet opgemerkt, in het latere leven zich zou verraden, en dan juist wijzigingen geven, zooals wij die zouden wenschen te zien ontstaan. Een ruim veld van waarneming en onderzoek ligt hier voor ons open.

Dat bedwelming werkelijk veel fijnere wijzigingen in den groei en de ontwikkeling kan te weeg brengen is, ten minste voor planten, door de merkwaardige

studiën van Johannsen bewezen. Aan dezen gelukte het, door een voorbijgaande bedwelming, slapende knoppen wakker te maken. Het resultaat was geheel onverwacht, en toch kan iedereen zich gemakkelijk van de juistheid overtuigen. Onze boomen en heesters, onze bloembollen en knolgewassen hebben 's winters een periode van rust, die niet eenvoudig het gevolg van de koude is. Dit blijkt terstond wanneer men bedenkt, dat de term winterrust het verschijnsel eigenlijk zeer onvolkomen uitdrukt. Want hyacinten en tulpen en tal van andere bolgewassen rusten eigenlijk des zomers. Als in het voorjaar hun bloemen uitgebloeid zijn, kunnen zij nog zaad maken, en moeten zij, b.v. een maand lang, door middel hunner bladeren het voedsel maken dat voor het verdere leven van den bol, tijdens de periode van rust, noodig is. Maar juist als de ware zomermaanden intreden, beginnen zij deze periode, en daaruit volgt, dat gebrek aan warmte daarvan klaarblijkelijk niet de oorzaak is. Zoo is het met tal van voorjaarsplanten, waarvan men de bladeren nog eenigen tijd in den zomer ziet, maar die vroeg of laat ter ruste gaan, lang vóór het einde van den herfst.

Er moeten dus inwendige, van het jaargetijde onafhankelijke oorzaken zijn, die deze rust bewerken. Daarnaast kan 's winters de koude de ontwikkeling vertragen, en iedereen weet dat enkele te vroege en te warme voorjaarsdagen de knoppen er toe brengen kunnen vóór hun tijd uit te loopen. Maar dit kan wel in het voorjaar, doch niet in den eigenlijken winter, vooral niet in 't begin daarvan geschieden. Men kan dit bewijzen door takken van allerlei boomen en heesters af te snijden en, in wat water, in een warme

kamer te plaatsen. Doet men dit in Februari of Maart, dan ziet men weldra de meeste knoppen zwellen, en een aantal er van open barsten en hun bladeren en bloemknoppen ontplooien. Doet men het in October of November, zoo blijven de takken echter werkeloos. Toch is alles of ten minste nagenoeg alles in hen voor het hernieuwde leven gereed. Dit blijkt juist uit de aether-proeven van Johannsen. Want wat men door eenvoudig verwarmen niet kan bereiken, kan men daardoor wel verkrijgen na een voorbijgaand bedwelmen. Men zet de takken, na ze afgesneden te hebben, en liefst zonder water, in een groote metalen kist met goed sluitend deksel, of ook onder een glazen stolp of in een flesch met wijden hals, en voegt daaraan een afgemeten hoeveelheid aether toe. Men laat ze er twee dagen in, en herhaalt daarna zoo noodig de bewerking nog eens. Zet men ze nu in wat water op een verwarmde plaats dan ziet men ze spoedig uitloopen, ten minste verscheidene soorten, want de vereischte hoeveelheid aether is niet voor alle dezelfde. Dit proces, dat in het klein zeer verrassende uitkomsten geeft, heeft in de laatste jaren in het groot in de praktijk ingang gevonden voor het forceeren van seringen. Want het is daardoor mogelijk geworden, den bloei dezer struiken in Januari en December eenige weken te vervroegen, en zoodoende omstreeks Kerstmis en Nieuwjaar daarvan groote hoeveelheden bloemtrossen in den handel te brengen. En merkwaardiger wijze groeien de trossen na het aetheriseeren zooveel sneller dan bij het gewone forceeren, dat de meerdere kosten van de installatie en toepassing van dit proces geheel opgewogen worden door de besparing aan brandstof, die het kortere

forceeren in de kassen natuurlijk met zich voert.

Zoo hebben wij in aether — en hetzelfde geldt van chloroform — een zeer merkwaardig middel om allerlei wijzigingen in het ontwikkelingsproces te voorschijn te roepen, en het spreekt van zelf, dat na zulke onverwachte en uiteenloopende feiten, als die van Wilson en van Johannsen, nog een lange reeks van ontdekkingen op dit gebied mag worden verwacht.

Van geheel anderen aard zijn de studiën van Loeb in Californië en van Delage in Parijs omtrent den invloed van opgeloste stoffen en van gassen op de ontwikkeling van eieren. Ook zij gebruiken bij voorkeur eieren van zee-sterren en zee-egels. Als zulke eieren bevrucht worden, gebeurt er tweeërlei. Eensdeels brengt het mannelijk element de eigenschappen van den vader op de kiem over, en bewerkt zoo de gelijkenis der kinderen op hem, wat bij ons menschen zeer bekend is, en bij bastaarden een zeer belangrijke rol speelt, maar wat natuurlijk overal bij planten en dieren het meest wezenlijke deel der bevruchting is. Maar dit is volstrekt niet het eenige, wat de mannelijke cel bewerkt. Het ei bevindt zich in rustenden toestand, en moet daaruit worden opgewekt, om zich verder te gaan ontwikkelen. Dit gebeurt nu niet door die overbrenging der erfelijke eigenschappen, maar door een afzonderlijke werking. Bij sommige planten en met name bij vele orchideeën vindt zulk een werking zelfs reeds vóór de bevruchting plaats, en gaat er van de stuifmeelkorrels en haar buizen iets uit, wat den groei der zaadknoppen bevordert. Zonder dien prikkel worden zij in die gevallen nooit normaal en voor de bevruchting geschikt.

Men kan nu, dank zij de onderzoekingen der ge-

noemde geleerden, die twee belangrijke werkingen van elkander scheiden. Want men kan den groeiprikkel, als ik het zoo eens noemen mag, die van het mannelijk element uitgaat, vervangen door iets anders. Dan zal het ei zich ontwikkelen, zonder in den eigenlijken zin van het woord bevrucht te zijn, en daarom pleegt men dit proces parthenogenesis, en wel in dit bizondere geval, kunstmatige parthenogenesis te noemen.

Loeb ontdekte dit door het gebruik van opgeloste zouten, en met name van chloormagnesium, dat in het zeewater wel aanwezig is, maar natuurlijk niet in voldoende hoeveelheid om die onnatuurlijke ontwikkeling te bewerken. Voegt men er echter wat grootere hoeveelheden van aan het zeewater toe, waarin de eieren van zee-sterren, zee-egels en zee-appels liggen, dan ziet men deze tot jonge larven worden, ook zonder bevruchting. Eenige andere zouten zijn eveneens in staat, dit gevolg te bewerken. Het maakt den indruk alsof het ei rustend gehouden werd door een of andere onbekende maar op den groei belemmerend werkende oorzaak. Het mannelijk element en de genoemde zouten heffen die oorzaak op, lossen haar misschien eenvoudig op, zoo zij een bepaalde stof is, en veroorloven zoo den voortgang der ontwikkeling.

Delage heeft nu aangetoond, dat behalve zouten ook gassen, en met name koolzuur, zulk eene werking hebben. Gasvormige lichamen hebben bij zulke proeven allerlei voordeelen boven opgeloste zouten. Men behoeft slechts een stroom van koolzuur uit een ontwikkelingsflesch, of uit een gewonen syphon van koolzuurhoudend mineraalwater te leiden, om de eieren, die er in liggen, tot ontwikkeling te doen komen

zonder bevruchting. Zouten werken altijd op een aantal eieren schadelijk, maar koolzuur kan ze bij honderden doen groeien, zonder dat er een enkel verloren gaat of ook slechts achterlijk blijft. Daardoor geeft het koolzuur een middel aan de hand, om de onbevruchte eieren in hun verderen levensloop te bestudeeren, iets wat op dit oogenblik nog zeer moeilijk is, daar men met de vereischten van het leven van jonge zee-appels, ook na bevruchting der eieren, in een aquarium nog zeer onvoldoende bekend is. In een aquarium moet men het water voortdurend in beweging houden, en daarenboven moet men zorgen, dat voedsel in overvloed voorhanden zij. Dit voedsel nu bestaat in allerkleinste organismen, bijna onzichtbaar klein, die in het zeewater in onnoemelijk aantal voorkomen, en die door de larven der zeesterren worden gegeten. Deze plantaardige en dierlijke, microscopisch kleine wezens vormen een deel van de in de bovenste lagen der zee drijvende of liever zwevende wereld, die men tegenwoordig gewoon is het plankton te noemen. Dit plankton, waarop ik trouwens later nog terug zal moeten komen, is de groote bron van het voedsel voor alles wat in zee leeft, tenminste wat het dierenrijk betreft, en grootere planten zijn in de zee zooals men weet betrekkelijk zeldzaam, en eigenlijk beperkt tot de kusten en tot de enkele, drijvende sargasso-zeeën. Dit microscopische voedsel moet men vermengen met het zeewater, waarin de larven leven, en dit heeft, bij hun vraatzucht, groote moeielijkheden, doch het is hier de plaats niet, daarop nader in te gaan.

Genoeg zij het, er op gewezen te hebben, dat eieren zonder bevruchting tot larven kunnen worden. En kunnen zij dit, zoo zouden zij het wellicht ook met

een gedeeltelijke bevruchting kunnen, en misschien met een gemis van slechts enkele der vertegenwoordigende deeltjes van de erfelijke eigenschappen van den vader.

Evenals van chloormagnesium, zou men ook de werking van zwakke vergiften op den aanvang van het ontwikkelingsproces kunnen bestudeeren. Davenport heeft aangetoond, dat er een zeer groote mate van overeenkomst bestaat tusschen de werking van vergiften op het menschelijk lichaam en op verschillende soorten van lagere dieren. Met name kunnen in vele gevallen dieren aan bepaalde vergiften gewend worden, door de dosis langzaam te doen toenemen. Er ontstaat dan een soort van immuniteit, en deze treedt, al naar gelang der onderzochte voorwerpen, nu eens vroeger, dan weer later in. Zoo men nu aan mag nemen, dat bij een fijner uitwerken van dit beginsel, ook de vertegenwoordigende deeltjes der erfelijke eigenschappen in een ei in verschillende mate gevoelig zullen blijken te zijn voor zulke vergiften, dan ontstaat de kans dat men daardoor sommige kan elimineeren, zonder de overige al te zeer te schaden. Zoodoende zou men allicht, in de ontwikkeling van de kiem en van het jonge dier uit het ei, enkele bepaalde eigenschappen kunnen onderdrukken.

Allerlei andere invloeden zouden kunnen worden bestudeerd, en onder deze bieden wellicht de stralen van Röntgen, en de radio-activiteit van het nieuwe element radium, bizondere kansen van slagen aan. Van beide zijn reeds uiterst belangrijke werkingen op het levend organisme bekend, die deels als genezing, deels als schadelijke veranderingen van beteekenis zijn. Ook is in sommige gevallen hun invloed op de

ontwikkeling van jonge dieren uit het ei nagegaan. Zoo kan de groei der organen van de donderpadden, die uit de kikvorsch-eieren ontstaan, op belangrijke punten gewijzigd worden door de stralen die van radium-bromide en andere radium-zouten uitgaat. In normale gevallen verandert b.v. de vorm van den kop na omstreeks acht dagen, de hals wordt onduidelijk en de uitwendige ademhalingsorganen worden door inwendige vervangen. Maar de radium-stralen belemmeren deze processen, en inplaats van te verdwijnen, wordt de hals door het ontstaan van huidplooien duidelijker. In jonge zee-appels, die zich uit eieren ontwikkelen, kan het radium den geheelen bouw der ingewandsholte wijzigen. Wijzigt men nu de intensiteit van de inwerking van het radium, zoo verandert ook de uitwerking, en voor zoover de waarnemingen thans reeds een inzicht veroorloven, kan men zeggen dat zwakke werkingen dikwijls de levensfunctiën bevorderen, terwijl sterkere ze vertragen of belemmeren. Zeer sterk behoeft de werking dan ook niet te worden, om plaatselijk enkele organen of cellen geheel te dooden. Ook in dit opzicht gedragen zich verschillende cellen verschillend, en onlangs heeft Soddy voorgesteld om de radio-activiteit van het thorium, die zooveel zwakker is dan die van het radium zelf, te gebruiken om de microben der longtering binnen in het lichaam te dooden. De longen zouden daarbij zoo goed als onbeschadigd blijven. Hoe dit ook zij, de hoofdzaak is voor ons dat ook hier, evenals in de vorige gevallen, krachten aanwezig zijn, die bepaalde deeltjes meer en andere veel minder in hun levensfunctie en ontwikkeling tegenwerken, en evenals wij dit reeds herhaaldelijk gedaan hebben,

kunnen wij ons ook hier voorstellen dat een fijnere uitwerking van het beginsel eenmaal tot een scheiding onder de vertegenwoordigende deeltjes der erfelijke eigenschappen in het ei zal kunnen leiden.

Maar ik heb wellicht reeds te veel feiten en verschijnselen uit te zeer uiteenloopende deelen der natuurwetenschap aangehaald. Bij de volkomen onzekerheid die hier uit den aard der zaak nog heerscht, zou een verdere beschouwing van dit punt allicht al te vermoeiend worden. Mijn doel was dan ook slechts aan te toonen, dat de zuster-wetenschappen, vooral in haar nieuwste ontdekkingen, een schat van feiten aanbieden, die als uitgangspunten voor onderzoekingen op het gebied der experimenteele evolutie kunnen dienst doen.

Daarom is een der eerste vereischten voor den goeden gang van de werkzaamheden op dit nieuwe laboratorium, dat men zooveel mogelijk op de hoogte blijve van het nieuwste wat in alle andere wetenschappen ontdekt wordt. Natuurlijk kan niet alles van toepassing zijn. Maar men weet vooruit niet, op welken weg een ontdekking zal te vinden zijn. De eene poging kan mislukken, terwijl de andere gelukt. Het komt er slechts op aan, de gunstige gelegenheden niet voorbij te laten gaan. En om daarvoor te zorgen moet men op alles voorbereid zijn. Zeer dikwijls hangt een belangrijke ontdekking af van een toevallige kennismaking met een of ander nieuw feit, of een of andere nieuwe gedachte, die plotseling blijkt van toepassing te kunnen worden op het werk waarmede men juist bezig is. Is dan dit werk in vollen gang, en beschikt het over alle methoden en hulpmiddelen die noodig zijn om het nieuwe gezichtspunt terstond aan de

ervaring te toetsen, dan is wellicht de ontdekking ineens gedaan en misschien tevens al halverwege voltooid. Is men echter òf niet voldoende voorbereid in eigen werk, òf niet voortdurend op den uitkijk naar wat het toeval soms brengt, dan gaat de gelegenheid ongemerkt voorbij, en jaren kunnen verloopen, eer zich een tweede voordoet. Naast grondigen arbeid acht ik daarom een voortdurende algemeene oriënteering een eerste vereischte voor welslagen.

De experimenteele evolutie kan echter nog van geheel andere gezichtspunten uitgaan dan de tot nu toe ontwikkelde, en daarbij geheel andere wegen van onderzoek inslaan. Zulk een weg is die, welke men vroeger algemeen de studie der generatio spontanea noemde. Maar toen had men, omtrent wat men mocht verwachten, nog slechts uiterst vage en grootendeels onjuiste voorstellingen. P a s t e u r's ontdekking der bacteriën heeft hier veel verkeerde denkbeelden opgeruimd. Want mogen de bacteriën ook nog zoo klein zijn, en voor het gewapend oog een ook nog zoo eenvoudigen bouw vertoonen, toch leeren ons hun zoo uiterst verscheidene, scheikundige en physiologische werkingen, dat hun binnenst maaksel volstrekt niet zoo primitief zijn kan. Men is dan ook reeds lang van het vermoeden terug gekomen, onder hen de meest oorspronkelijke wezens te zoeken. Vooral heeft daartoe de overweging bijgedragen, dat zij alle òf van de weefsels van hoogere planten en dieren, òf tenminste van hunne afvalproducten leven. Zij zijn dus in hun geheele bestaan van deze afhankelijk en men kan zich dus moeilijk voorstellen, dat zij, in het begin van den biologischen tijd, aan deze zouden zijn voorafgegaan.

Hierdoor komen wij als van zelve tot de vraag, waar men zich dan voorstellen moet, dat het eerste leven ontstaan is. Dit nu is uit den aard der zaak een quaestie die thuis behoort op het gebied van het verre verleden, en dus in de palaeontologie. De leer der voorwereldlijke planten en dieren antwoordt op onze kwestie echter met een groot bezwaar. In fossielen toestand kan men natuurlijk niet verwachten, dat van de bedoelde verschijnselen iets zal zijn overgebleven. Integendeel, er is in het algemeen al een vrij hooge graad van organisatie noodig, zal een plant of dier kans hebben om zijn overblijfselen of indrukken in de gesteenten achter te laten. En die hoogere bouw, gepaard gaande met een grootte, die de eerste levende wezens zeer zeker niet bereikt kunnen hebben, sluit de studie van het bedoelde verschijnsel op palaeontologisch gebied geheel van de ervaring uit.

Wij komen dus hier op een gebied van reine fantasie. Maar niet van een vrije fantasie. Want zij is gebonden aan de bekende feiten, die haar binnen vrij enge grenzen beperken. En met deze beperking kan zij ons van groot nut zijn om ons een nieuwen weg te wijzen, waarlangs wellicht de studie der experimenteele evolutie zou kunnen worden aangevat.

Ik wil thans trachten duidelijk te maken, welke gezichtspunten ons door zulke beschouwingen worden geopend. Daartoe wensch ik een kort beeld te ontwerpen van de theorie van Brooks omtrent het leven op aarde gedurende de oudste tijden, waarvan geen fossielen tot ons zijn gekomen. Deze beschouwing komt mij voor zoo eenvoudig en zoo gemakkelijk te begrijpen te zijn, dat ik geen bezwaar zie haar hier eenigszins in bizonderheden te volgen. Zij gaat natuur-

lijk uit van hetgeen feitelijk bekend is omtrent de alleroudste fossiele fauna, die van de cambrische lagen.

Allereerst een enkel woord omtrent den tijd. Men stelt zich thans algemeen voor, dat het leven op aarde geenszins onbegrensd lange tijden geduurd heeft. De ontwikkeling op de hoofdlijnen van den stamboom van het dieren- en plantenrijk behoeft niet zoo onmerkbaar langzaam geweest te zijn, als men voor een tiental jaren nog algemeen geloofde. Hubrecht heeft ons geleerd de tallooze vertakkingen van den stamboom beter te beoordeelen en veel, wat men vroeger meende dat een plaats op de hoofdlijnen moest hebben, wordt thans beschouwd als te behooren tot de zijtakken. Daardoor wordt, in onze voorstelling, het geheele proces der evolutie aanzienlijk verkort. Wat men vroeger meende, dat na elkander moest gebeuren, ziet men thans in, dat voor een groot deel naast elkander geschied kan zijn. Daarnaast komt de overtuiging, dat een ontstaan van soorten zoo langzaam, dat eeuwen noodig zouden zijn om merkbare verschillen teweeg te brengen, allengs moet wijken voor de meening dat de vooruitgang stapsgewijze geschiedt, en dat nu eens talrijke stappen elkander snel hebben opgevolgd, terwijl in andere gevallen, zooals bij de zoetwatermosselen, lange geologische tijden zijn voorbijgegaan, zonder dat eenige merkbare vooruitgang, ja zelfs zonder dat eenige belangrijke wijziging in de organisatie tot stand kwam. Men meent thans dat eenige millioenen van jaren geheel voldoende kunnen worden geacht voor de verklaring van het geheele evolutie-proces. Hoeveel millioenen doet er natuurlijk niet veel toe, daar ons voorstellingsvermogen toch niet in staat is op zulk

een ontzaggelijke uitgebreidheid verschillen duidelijk te waardeeren. Meestal schat men den duur van het leven op tusschen de 20 en 40 millioen jaren, of, bij enger beperking, doch nog met een voldoenden graad van waarschijnlijkheid, tusschen de 20 en 30 millioen jaren.

In dien tijd zouden dus tevens nagenoeg alle geologische lagen zijn afgezet. De dikte van deze, voor de verschillende perioden van de ontwikkelings-geschiedenis der aarde, geeft een in 't groot goed vertrouwbaren maatstaf voor de verdeeling van den zooeven aangenomen tijd over die verschillende perioden. De oudste lagen zijn verreweg de dikste, de perioden duurden dus in den aanvang het langste en dit wil zeggen, dat toen de veranderingen in de aardschors, in de verdeeling van land en zee, en in de organisatie der levende wezens uiterst langzaam geschiedde in vergelijking met de latere tijden. Groote eentonigheid en groote gelijkvormigheid moet er in den beginne overal op aarde geheerscht hebben. En, naar alle waarschijnlijkheid heeft het ongeveer de helft van den geologischen tijd geduurd, voordat hierin eenige merkbare verandering kwam. Sedert zijn de veranderingen sneller en sneller, en de perioden dus korter en talrijker geworden. Daaruit volgt echter nog niet dat de totale vooruitgang ook in die tweede helft de grootste is geweest. Doch eer ik hierop in ga moet ik eerst de palaeontologische feiten vermelden, waarop de theorie van B r o o k s steunt.

De periode in de ontwikkeling der aardschors die het keerpunt in de geheele ontwikkelings-geschiedenis schijnt te zijn, draagt den naam van den cambrischen tijd. Deze komt ongeveer met het midden van alle

geologische lagen, en dus met het midden van den geheelen duur van het leven op aarde overeen. Vóór het cambrium moeten dus 10 à 20 millioen jaren zijn verloopen, sedert de eerste levende wezens ontstonden, en daarna ongeveer evenveel. De cambrische periode echter is de oudste, waaruit fossielen bekend zijn geworden, en wij mogen dus zeggen dat wij van de eerste helft van de ontwikkeling van het leven op aarde feitelijk niets weten. Daartegenover staat, dat na het cambrium het voorkomen van fossielen in de gesteenten regelmatig is toegenomen. Leemten zijn er in onze kennis natuurlijk nog zeer talrijke, doch zij betreffen meer de fijnere trekken der ontwikkelingsgeschiedenis. Omtrent de hoofdlijnen mogen wij zeggen dat de ervaring ons voldoende uitsluitsel geeft.

Geheel juist is het echter niet, zooals ik zooeven zeide, dat wij omtrent de eerste helft van den biologischen tijd niets weten. Mogen de feiten ook ontbreken, toch is het duidelijk dat de fauna van den cambrischen tijd als het product der voorafgegane evolutie mag worden beschouwd, en dat deze dus zoodanig moet geweest zijn, als met dat product overeenkomt.

Daarom willen wij thans die cambrische fauna nader in oogenschouw nemen. Ik doe dit aan de hand van Brooks, die in zijn boek over de „Foundations of Zoology" een uiterst aantrekkelijke beschrijving van het leven in de zee, in dien tijd en in den tegenwoordigen tijd, geeft. Zooals iedereen weet, is de zee veel rijker aan fraaie en vreemde vormen, aan de meest treffende en boeiende kleur-schakeeringen, dan eenige vegetatie op het land. Zelfs de tropische bosschen kunnen met het leven op den bodem der zee op verre na niet wedijveren.

De fauna van de onderste lagen van de cambrische periode, die dus de alleroudste is, waaromtrent de fossielen ons iets leeren, was rijk en verscheiden, en de meeste tegenwoordige typen van het dierlijk leven hadden hun vertegenwoordigers reeds in dien tijd, terwijl er daarnaast toen geen eenigszins belangrijke typen gevonden werden, die thans geen levende nakomelingen meer zouden hebben. Gewervelde dieren en bloemplanten waren er toen nog niet, maar van de lagere dieren, en zoover men na kan gaan van de wieren, waren de hoofdtypen toen reeds allen aanwezig. Men kent omstreeks 150 soorten van dieren uit die onderste cambrische lagen, maar deze zijn zeer gelijkelijk verdeeld over de orden en familiën, die thans nog op den bodem der zee leven.

Die 150 soorten maken daarenboven niet den indruk van allerprimitiefste voorvaderen te zijn van de tegenwoordige typen. Integendeel, de specialisatie en organisatie mogen toen in bizonderheden anders geweest zijn dan nu, zij stonden volstrekt niet merkbaar lager dan thans. In geologischen zin de alleroudste waren zij volgens zoölogische opvatting even modern als de tegenwoordig levende wereld. Binnen in elke groep is het aantal soorten en vormen in de sedert vervlogen tijden uitermate toegenomen, en is er een verscheidenheid ontwikkeld zooals die toen, naar alle waarschijnlijkheid, op verre na niet bestond. Maar deze differentiëering geldt eigenlijk slechts bijzaken, terwijl de hoofdzaken nagenoeg onveranderd zijn gebleven. Allerlei levensomstandigheden, deels voortspringende uit de ongelijkheden van den bodem der zee en de verschillende diepten, voornamelijk echter te wijten aan de overal afwijkende eischen van den strijd met

andere wezens en van den grooten wedstrijd om voedsel, hebben talrijke speciale adaptatiën doen ontstaan, en een enormen rijkdom van vormen teweeggebracht, waarvan de gewone mensch zich geen voorstelling kan maken. Maar de hoofdtrekken van de organisatie waren toen dezelfde als thans, de kenmerken van de hoofdgroepen van het dierenrijk zijn al die millioenen van jaren vrij wel onveranderd gebleven.

Deze moeten dus in de vóór-cambrische tijden ontstaan zijn, terwijl de tallooze bizondere aanpassingen van lateren datum zijn.

Wil men nu trachten zich een voorstelling te maken van het leven gedurende die vóór-cambrische tijden en van de veranderingen, die zoo plotseling het ontstaan van fossielen mogelijk maakten, dan moet men natuurlijk geheel van zoölogische, in plaats van palaeontologische gegevens uitgaan. Het wordt dan een vergelijkende studie, waartoe de tegenwoordig levende wereld het materiaal moet leveren.

Er zijn in de levensgeschiedenis der aarde klaarblijkelijk perioden van langzame en tijden van snellere verandering geweest. Voor de fossiele kruipende dieren was de tijd van den Ichthyosaurus zulk een tijdperk van snelle ontwikkeling. De allerlaatste tijden toonen een toenemend overwicht van intellectueelen vooruitgang, en onder de landdieren geldt thans vrij algemeen list meer dan kracht. De fossielen leeren ons, dat de gemiddelde grootte van de meeste typen van landdieren sinds het midden van de tertiaire periode is afgenomen, maar dat de verhouding van den inhoud van de hersenpan tot de lichaamsgrootte aanzienlijk is toegenomen. Naar een globale schatting

is het gewicht der hersenen in vergelijking met dat van het lichaam in die latere geologische tijden meer dan verdubbeld.

Brooks neemt nu aan, dat het begin der cambrische periode ook zulk een tijd van snellen vooruitgang in een bepaalde richting was, en wel in de richting van die vaste kalkachtige lichaamsdeelen, die in fossielen staat zijn overgebleven. De reden, waarom uit oudere tijden geen fossielen bekend zijn, zou dan eenvoudig deze zijn, dat alle lichaamsdeelen nog week en voor fossilisatie ongeschikt waren. En de oorzaak van die verandering zoekt hij in den overgang van het leven uit de hoogere lagen der zee naar den bodem.

Om de bedoeling van deze voorstelling duidelijk te maken, moeten wij dus trachten een denkbeeld te geven van die twee, zoo uiterst verschillende fauna's.

Bestudeert men de ontwikkelingsgeschiedenis van tegenwoordig levende dieren uit de meest verschillende afdeelingen van het dierenrijk, dan komt men tot de overtuiging dat zij moeten afstammen van kleine en eenvoudig gebouwde voorvaderen, die echter reeds het kenmerkende type der afdeeling in zich droegen. De gemeenschappelijke afstamming van die groepen moet dus plaats gevonden hebben in een zeer ver verwijderden tijd, toen alle dieren nog zeer klein en eenvoudig van bouw waren. Zulke zeer kleine en eenvoudig gebouwde diertjes leven tegenwoordig talloos in zee, maar niet op den bodem, doch drijvende of zwemmende in de golven. De bovenste lagen van het water onzer zeeën moet men zich bevolkt denken met een onnoemelijk aantal uiterst kleine levende wezens, waarvan velen zelfs microscopisch klein en voor het ongewapend oog onzichtbaar zijn, terwijl de anderen

niet veel grooter zijn, dan zoo, dat zij juist nog even gezien kunnen worden. Deze zwevende wereld, die tot een diepte van verscheidene meters onder de oppervlakte gaat, zoover als het licht en de zuurstof en het koolzuur der lucht nog ruimschoots kunnen binnendringen, is het plankton, waarvan ik bij een vorige gelegenheid als van voedsel voor grootere zeedieren, reeds met een enkel woord heb melding gemaakt.

Dit plankton nu bestaat deels uit plantjes, deels uit diertjes, maar allen van een zeer eenvoudigen bouw. De planten behooren tot verschillende groepen van lagere wieren, de dieren daarentegen omvatten vertegenwoordigers van nagenoeg alle afdeelingen van het dierenrijk, zoover zij zeedieren omvatten, en met uitzondering natuurlijk van de gewervelde dieren. De verschillen, die reeds in het plankton de groote afdeelingen van het dierenrijk van elkander onderscheiden, worden algemeen als veel diepergaande en als van veel grooter systematische beteekenis geacht dan alle de tallooze verschillen binnen die afdeelingen zelven. In het plankton vormen de microscopische wiertjes niet alleen het voedsel voor alle dieren daarin, maar tevens voor nagenoeg het geheele leven in zee, met uitzondering van de kust. Natuurlijk niet rechtstreeks, maar middellijk. De wieren behooren maar tot een klein aantal typen en soorten, maar deze komen dan ook in ontelbare millioenen van individuen voor. De meeste gewone vormen behooren tot de Protococcen of oudste celvormen; het zijn microscopisch kleine, kogelronde groen eencellige wezens. Zij vermenigvuldigen zich door deeling, maar zoodra een cel op deze wijze er twee gevormd heeft, laten deze elkander los, om afzonderlijk te gaan leven. Zij voeden zich in

hoofdzaak met het opgeloste koolzuur, dat zij ontleden en waaruit zij de organische stof maken. Hoe fijner zij in het water verdeeld zijn, des te gemakkelijker kunnen zij dit koolzuur natuurlijk opnemen, daarmede hangt hun microscopische kleinheid, hun eencellige bouw en hun gemis van bizondere organen samen. Dit alles toch zou in de eentonige en gelijkmatige omgeving van het zeewater slechts last en omslag zijn. Alles is ingericht voor een snelle en rijkelijke vermenigvuldiging, maar ook nagenoeg alleen daarvoor. Behalve groene protococcen komen ook diatomeeën en enkele andere vormen van eencellige wieren in ontelbare hoeveelheden in het plankton voor, maar over deze behoef ik hier niet uit te wijden.

Opgegeten worden is in zee de levensregel, en voor dat de protococcen tot een geschikt voedsel voor haaien en andere groote visschen geworden zijn, moeten zij, als ik het zoo eens zeggen mag, tallooze malen opgegeten zijn. Ik bedoel natuurlijk dat zij door zeer kleine diertjes worden gegeten, deze weer door grootere, die op hun beurt aan nog grootere tot voedsel strekken, en zoo vervolgens. De eersten in deze reeks zijn de globigerinen en radiolarien of straaldiertjes, fijne, slijmerige wezens met naalden van kiezel of andere harde deeltjes van uiterst fraaie structuur in hun overigens schijnbaar structuurloos lichaam. Bijna even talrijk als de protococcen, maar zonder het vermogen om zich met koolzuur te voeden, leven zij van deze, om zelven weer aan tal van andere, grootendeels wat hooger georganiseerde maar toch nog uiterst kleine wezens ten prooi te vallen. Zoo klimt de organische stof, die de zee-planten oorspronkelijk maken, langzamerhand in het dierenrijk op.

Ofschoon nu opgegeten worden de regel is, spreekt het wel van zelf, dat daaraan ten slotte een grens komt. Kleinere en grootere aantallen van diertjes sterven af, zonder aan anderen tot voedsel te strekken. Deze zullen allengs gaan zinken. En moge hun aantal ook slechts een klein deel vormen van wat er in de bovenste lagen der zee blijft leven, toch zal het ten slotte zijn als een regen van voedsel, die uit deze lagen langzaam omlaag daalt. Wanneer dit begonnen is, en welke graad van organisatie vereischt was, om dit verschijnsel van eenige beteekenis te doen worden, is moeilijk na te gaan. Maar het is een feit, dat tegenwoordig die onderzeesche regen van organisch voedsel de groote en nagenoeg de eenige bron van het leven op den bodem der zee is.

Het licht wordt door het zeewater geabsorbeerd. Het dringt tientallen van meters in, maar wordt voortdurend verzwakt. Overal waar de zee niet al te ondiep is, heerscht op den bodem volkomen duisternis. Planten kunnen daar niet groeien, want die leven niet zonder licht. Organisch voedsel wordt er dus niet gemaakt; alles wat er noodig is, moet uit de hoogere lagen neerdalen. Toch pleegt die bodem met een rijke vegetatie van koralen en van allerlei andere dieren bedekt te zijn. De een leeft van den ander, en ook hier moet dezelfde organische stof achtereenvolgens in tal van lichamen dienst doen. Maar het spreekt van zelf dat er een bron moet zijn, waarmee dit alles begint. Het is geen kringloop. Het is een langzaam en zuinig gebruik van wat er voorhanden is, maar al die dieren ademen toch en verbruiken daartoe een deel van het opgenomen voedsel. Een bron moet er dus zijn, en wel een rijke en altijd vloeiende bron.

Die bron is de zooeven bedoelde regen van voedsel uit de bovenste lagen, de lijken der diertjes die daar geleefd hebben, en die zich, rechtstreeks of indirect, met de daar levende groene wieren hebben gevoed.

Op den bodem der zee is nu het leven natuurlijk geheel anders dan boven in de golven. Daar ontstaan vastzittende en zwemmende vormen. Daar is kleinheid en eencelligheid geen voordeel meer. Allereerst komt het beginsel van kolonie-vorming en van uitbreiding over de vlakte, want dit vergroot natuurlijk de kans, om het neerdalende voedsel te bemachtigen. Dan komt het belang van over anderen heen te groeien, en het voedsel als het ware te onderscheppen. Zoo ontstaan de stamvormende en vertakte koralen. Eindelijk is het klaarblijkelijk een voordeel om liever niet rechtstreeks op den voedselregen te teren, maar de dieren te verslinden, die zich zoo gevoed hebben. Dit is de bron van de plaatsbeweging, van kruipen en zwemmen, ten einde de prooi te bereiken. Zoo kan men gemakkelijk verder gaan, en opklimmen tot hoogere en hoogere organisatie, ja tot die lichtende zeedieren, die zich zelven in hun strooptochten in de duisternis kunnen bijlichten. In één woord, het leven op den bodem is de bron van differentiëering en aanpassing aan tallooze verschillende behoeften van het leven. Het is een strijd om het voedsel, en strijd is de grondslag van den vooruitgang. In de bovenste lagen der zee daarentegen is het voedsel in overvloed aanwezig en zijn de levensomstandigheden zoo eenvoudig als men zich maar denken kan. Daar mogen wij dus niet die aanpassing en die ontwikkeling van tallooze nuttige en doelmatige inrichtingen verwachten, daar blijft eenvoudigheid de hoofdleus.

Het plankton, of het zwevend leven, is nu niet alleen de eenige groote bron van het organisch voedsel in zee, het is uit den aard der zaak ook de oorspronkelijke bron, en dus de meest oorspronkelijke vorm van het leven. Daarmede komen wij terug, van den tegenwoordigen toestand, zooals ik dien nu geschetst heb, tot Brook's voorstelling van het leven in de vóórcambrische tijden.

Het leven op den bodem en de ontwikkeling van grootere organismen is geheel afhankelijk van het plankton. Het spreekt dus van zelf dat het niet zonder dit bestaan kan en dus jonger moet zijn dan dit. De fossiele overblijfselen in de cambrische lagen, waarvan ik reeds gesproken heb, vertoonen ons koralen en allerlei diertypen, zooals zij tegenwoordig op den bodem der zee leven. Natuurlijk niet dezelfde soorten, maar toch zoo nauw verwant, dat men ze gemakkelijk herkennen en beoordeelen kan. In oudere lagen vindt men zulke overblijfselen niet. Toch is er in den bouw der gesteenten niets wat zou doen vermoeden dat zij hier wel geweest, maar sedert door latere veranderingen weer verdwenen zouden zijn. Zulke veranderingen hebben de alleroudste lagen zonder twijfel ondergaan, maar het komt hier natuurlijk alleen aan op die, welke in de laatste periode vóór de cambrische afgezet zijn. Daaruit nu moet men besluiten dat er in die periode nog geen leven op den bodem der zee was. Is deze conclusie juist, dan is het cambrische tijdperk het begin van alle hoogere organisatie, van alle vastzittende planten en dieren, en van de tallooze soorten die rond waren om zich ten koste van deze te voeden. Dan is de cambrische periode tevens het begin van het ontstaan van

grootere diervormen met vaste skeletachtige deelen, die in fossielen toestand bewaard kunnen blijven. Dan is ten slotte de cambrische periode het slot van eenvoud en kleinheid en gelijkvormigheid, terwijl in alle vóór-cambrische tijden deze drie hoofdbeginselen altijd het geheele leven op aarde beheerscht hebben.

Ik kom nu terug op de bovengegeven tijdsbeschouwing. Deze leerde ons, dat het cambrium omstreeks het midden van den biologischen tijd ligt. De helft van den beschikbaren tijd, meer dan tien millioen jaren, moet het leven in dien eenvoudigen zwevenden toestand bestaan hebben. Al de groote rijkdom van vormen, dien wij thans overal rondom ons bewonderen, moet het product zijn van de tweede helft.

Maar nutteloos voor den vooruitgang is de eerste helft volstrekt niet geweest. Juist integendeel moet men aannemen, dat toen de breede grondslag gelegd is, waarop de trotsche bouw van het dierenrijk in het cambrium kon worden opgetrokken, of waarop ten minste met dien bouw een omvangrijk en in vele opzichten beslissend begin kon worden gemaakt.

Wat in den voortijd geschied is weten wij niet, maar wij moeten het afleiden uit wat van de onderste cambrische lagen tot ons is gekomen. Ik heb reeds gezegd dat het een 150-tal soorten zijn, maar dat deze, met uitzondering van de bloemplanten en de gewervelde dieren, alle hoofdgroepen van het latere leven omvatten. De eigenschappen van die hoofdgroepen waren dus toen al voorhanden. De thema's waren gegeven, waarop tallooze nuanceeringen konden worden gegrond. In die lange plankton-periode moeten dus deze fundamenteele eigenschappen, deze grondverschillen tusschen schelpdieren en gelede dieren,

tusschen kwallen en zeesterren en al die andere groote typen, reeds tot stand gebracht zijn. De organismen bleven klein, hun omgeving stelde aan hen geen uiteenloopende eischen, maar daarentegen hadden eigenschappen, die geen aanpassing, maar de grondslag van principieele verschillen in den bouw zijn, al den tijd om zich te ontwikkelen.

Het is zeer moeilijk zich daarvan een nauwkeurige voorstelling te maken, en zelfs de vraag of men die ontwikkeling als snel of als langzaam moet beschouwen in vergelijking van wat er sedert gebeurd is, is onbeteekenend tegenover de millioenen van jaren die voor dit proces beschikbaar waren.

Een rijk drijvend leven van uiterst kleine wezens, maar een kale zeebodem en kale kusten, en hier en daar wat land dat eveneens zonder leven was, ziedaar ons beeld van de alleroudste tijden. De totale massa der levende stof was misschien niet noemenswaard kleiner, dan zij thans is, nu wij er zooveel meer van zien. Maar er was toen niets dat fossiel kon worden; geen overblijfselen er van zijn tot ons gekomen.

Laat ons thans op den ingeslagen weg nog een stap verder gaan. Als het oudste leven dat van het plankton was, dan volgt daaruit dat het leven ook in dien vorm aanvankelijk moet zijn ontstaan. Niet op het vaste land, noch aan de kusten, noch op den bodem der zee is het begin van het leven te zoeken. Drijvend in de golven moet het ontstaan zijn. Verder is het gemakkelijk in te zien, dat de eerste levende wezens niet ten koste van andere geleefd kunnen hebben. Zij kunnen dus geen dieren geweest zijn, want deze leven òf van andere dieren òf van planten. Alleen de eencellige wieren van het plankton zijn in

hun bestaan van andere levende wezens geheel onafhankelijk, daar zij zich met het opgeloste koolzuur en met opgeloste zouten voeden, en dan, behalve water en licht, ook niets anders noodig hebben. En onder de eencellige wieren hebben nu de protococcen verreweg den eenvoudigsten bouw. Kogelvormig en met niet meer dan de strikt noodzakelijke bestanddeelen van een cel, bestaan zij eigenlijk alleen uit het levend protoplasma, de kern, den celwand, en het groene orgaan hunner voeding. Het is duidelijk dat er tijden geweest kunnen zijn, dat zij alleen het geheele plankton vormden, maar ook dat dit van geen der andere soorten, en met name van geen der dieren beweerd kan worden. Eerst nadat de zee over uitgestrekte streken dicht met groene protococcen bevolkt was, konden andere vormen van planten en dieren optreden.

Hieruit leiden wij af, dat de protococcen de oudste bekende levende wezens zijn. Deze stelling kan, trots het gebrek aan fossiele overblijfselen, aan geen twijfel onderhevig zijn. Mogen wij daaruit ook afleiden dat zij de oudste van alle levende wezens geweest zijn? Hiertegen vormt hun wel is waar eenvoudige, maar toch nog voor ontleding vatbare bouw een bezwaar. Alle analogie pleit er voor, dat het eerste tevens het allereenvoudigste geweest moet zijn. Een cel zou kunnen leven zonder celwand en zonder celkern, en zelfs de differentiëering in groene en kleurlooze deelen sluit het denkbeeld van hoogsten eenvoud uit. Wij zouden ons een levende gelei willen voorstellen, die het vermogen van groei had, maar ook niets meer. Een vermogen dus om koolzuur om te zetten in dezelfde stof, waaruit de gelei reeds bestaat, zoodat voort-

durende vergrooting plaats vond, maar ook niets meer. Eerst daaruit zouden dan later, in den loop van lange tijden, door geleidelijke differentiëering de groene eencellige wiertjes ontstaan zijn.

Zou zulk een gelei nog ergens bestaan? Zou zij misschien nog voortdurend ontstaan, maar thans spoedig aan allerlei dieren ten prooi vallen, en dus nog slechts een zeer ondergeschikte rol spelen? Wij weten het natuurlijk niet. Maar aan de andere zijde is het niet erg waarschijnlijk, dat de omstandigheden op zee voor twintig of dertig millioen jaren zoo geheel anders geweest zouden zijn, dan zij sedert waren en nu nog zijn. Het is slechts een gissing, maar het komt mij volstrekt niet onmogelijk voor, dat diezelfde gelei ook thans nog hier en daar ontstaan zou. Haar ontstaan zoude het eenvoudigst denkbare geval van generatio spontanea, van een geboorte zonder ouders zijn. En het is duidelijk, dat het in de hoogste mate de moeite waard moet geacht worden, naar dit verschijnsel te zoeken.

Is deze voorstelling juist, en gelukt het die oorspronkelijke levensgelei te vinden, dan zou men natuurlijk een van de merkwaardigste uitgangspunten voor een experimenteele studie der evolutie in handen hebben. Dan zou allereerst de vraag onder het oog moeten worden gezien hoe zulk een gelei ontstaan kan, welke stoffen en welke krachten daartoe samen moeten werken. Men zou natuurlijk de hoop koesteren, het proces kunstmatig na te leeren bootsen, en zoodoende eindelijk het zoo dikwijls besproken denkbeeld van een experimenteele generatio spontanea te kunnen verwezenlijken. Maar men zou ook willen weten, hoe in die gelei de differentiëeringen tot stand gekomen

zijn, die tot het eerste optreden van cellen geleid hebben. En als men ook hier de experimenteele methoden wilde toepassen, zou men ten minste niet zoo in den blinde behoeven rond te tasten, als thans het geval is. In één woord, het historische uitgangspunt van het leven zou tevens het wetenschappelijke uitgangspunt voor een geheel nieuwe richting van bestudeering van het leven kunnen worden.

Maar ik ben reeds veel te ver verdwaald op het gebied van vermoedens en van verwachtingen, wier vervulling, zoo zij al mogelijk zal zijn, toch niet voor de naaste tijden is weggelegd. Het is thans noodig terug te keeren tot vasteren bodem, en tot die uitgangspunten voor onderzoek, die rechtstreeks door de bekende feiten worden aangeboden.

Daarmede springen wij in eens over tot het andere uiterste van de geschiedenis van het leven op aarde. Hadden de gegeven beschouwingen ten doel, te trachten een slip op te lichten van den sluier, die het begin bedekt, thans richten wij onzen blik naar het einde. Maar een eigenlijk einde is het niet. Geen reden bestaat er om aan te nemen, dat de evolutie der levende wezens vóór of in onzen tijd reeds opgehouden zou hebben. Misschien gaat zij langzamer vooruit dan vroeger, maar misschien ligt het ook slechts aan onze kortzichtigheid, dat wij haar niet meer bemerken.

Land- en tuinbouw en evenzoo de tegenwoordige historie onzer huisdieren wijzen er echter duidelijk op, dat de levende vormen geenszins onveranderlijk zijn. Overal is er afwisseling, telkens ontstaat iets nieuws en de praktijk heeft daaruit slechts te kiezen wat voor haar van nut kan zijn. Het ligt voor de hand om aan

te nemen, dat wat de huisdieren en cultuurplanten ons vertoonen, ook in de vrije natuur moet gebeuren. Ginds wordt het gezien en opgemerkt, omdat groote belangen er rechtstreeks mede gemoeid zijn, in het wild gaat het voorbij, zonder dat men er zich om bekommert.

Gelukkig is hierin in den laatsten tijd verandering gekomen. Men begint in te zien, dat de verschijnselen, aan land- en tuinbouwplanten waargenomen, dikwerf slechts zeer onvolledig bespied zijn, en dat zij daarenboven, door invoer van andere rassen uit andere streken, of door kruisingen der bastaardeeringen dikwijls zoo samengesteld zijn, dat een juiste beoordeeling niet meer mogelijk is. Daarbij komt dat de overtuiging veld wint, dat vele der zoogenaamd nieuwe variëteiten en soorten van land- en tuinbouwgewassen eigenlijk niet in de cultuur ontstaan zijn. Vele belangrijke rassen schijnen overoud te zijn, maar eerst sedert omstreeks het midden der vorige eeuw is men begonnen ze op te merken en te isoleeren. Vele tuinbouwgewassen, die zich voordoen als variëteiten van bekende soorten, zijn niet op kweekerijen ontstaan, maar toevallig ergens in 't wild aangetroffen. Met name geldt dit voor heesters en boomen, die door hun langer leven meer kans hebben om ten slotte te worden opgemerkt dan variëteiten van kruiden en met name van een of tweejarige gewassen.

Sedert Darwin het voorbeeld gegeven heeft, al dergelijke gevallen uit de praktijk zorgvuldig bijeen te verzamelen, om uit het geheel der verschijnselen die kennis af te leiden, die de gebrekkige waarneming der afzonderlijke gevallen niet zou kunnen opleveren, is deze arbeid door verschillende schrijvers voortgezet.

Voor enkele jaren heeft met name **Korshinsky**, een helaas te vroeg overleden russisch plantkundige, een volledig historisch overzicht van de eerste vondsten van tal van tuinbouwplanten gegeven. En al deze feiten wijzen te zamen op een zeer bepaalde wijze van het ontstaan van soorten en variëteiten. De algemeene voorstelling, die men uit hen moet afleiden, is een zoo scherpe, dat zij als van zelf tot de conclusie leidt, dat een experimenteele behandeling der evolutie ten minste op dit gebied reeds thans mogelijk moet zijn.

Variabiliteit is een uiterst vaag en veel omvattend begrip. Het omvat zoowel rijkdom aan voorhanden verschillen, als het ontstaan van deze verschillen zelf. In het eerste geval is het gelijkluidend met veelvormigheid of polymorphie, in het laatste met verandering. En op beiderlei gebied zijn er dan weer twee hoofdtypen te onderscheiden. Op het gebied der veelvormigheid heeft men eensdeels de tallooze vormen, ondersoorten en variëteiten, die een zelfde soort ons aanbiedt, maar die feitelijk van elkander onafhankelijk zijn, en naast elkander een volkomen eigen leven leiden. Zoo hebben de tuin-papavers, de latherussen en andere bloemplanten tientallen van variëteiten, die uit zaad geheel constant zijn en nooit in elkander overgaan, maar die te zamen den zoo zeer aantrekkelijken rijkdom van vormen in die soort bepalen. Zoo bestaan tarwe, mais, bieten en allerlei cultuurplanten uit tal van constante en van elkander scherp gescheiden rassen. Daarnaast staan de vormverschillen die binnen elk ras, en dikwerf ook tusschen de deelen van eenzelfde individu te zien zijn. Op een paardenkastanje-boom hebben de bloemen volstrekt niet allen denzelfden

bouw. Afgezien van het feit dat sommige kastanjes kunnen maken en andere niet, is ook het aantal meeldraden aan voortdurende wisselingen onderhevig. Meestal is het 7; nu eens wordt het 8 of 9, dan weer 6 of 5, en in enkele gevallen worden zelfs deze grenzen overschreden. Heen en weer slingert het aantal, nu eens meer dan weer minder, soms in enkele trossen zeer sterk, dan weer een verschil tusschen de afzonderlijke trossen teweeg brengend. Van daar de naam fluctueerende variabiliteit die aan dit verschijnsel wordt gegeven. Het zijn veranderingen, die schijnbaar voortdurend ontstaan, maar die toch altijd weer op dezelfde wijze terugkeeren. Het zijn voortdurende schommelingen om een gemiddelde, dat in hoofdzaak steeds hetzelfde blijft.

Uit deze beschouwingen volgt, dat de studie der variabiliteit op dit laboratorium twee hoofdrichtingen te volgen heeft. En daar zoowel de heen en weer schommelende als de toevallige en schoksgewijze variabiliteit zich èn bij dieren, èn bij planten voordoen, kunnen hieruit vier hoofdafdeelingen voor den te ondernemen arbeid worden afgeleid. Nu zou het natuurlijk te veel tijd kosten elk dezer vier richtingen in bizonderheden na te gaan, en den weg te schetsen, waarlangs de onderzoekingen voornamelijk zullen moeten gaan, om tot de gewenschte uitkomsten te geraken. Beter komt het mij voor, onder die allen er een uit te kiezen, en daarvan te schetsen wat gedaan behoort te worden, en wat met recht mag worden verwacht. Uit den aard der zaak kies ik daartoe het plotseling ontstaan van soorten en variëteiten in het plantenrijk.

Mac Dougal heeft, door een reeks van culturen,

de aandacht der Amerikaansche biologen op de veranderlijkheid van de grootbloemige Teunisbloemen of Oenothera Lamarckiana gevestigd. Naast de soort zelve heeft hij enkelen der daaruit in Europa ontstane nieuwe vormen gekweekt, en aan het oordeel zijner vakgenooten onderworpen. Voornamelijk de Oenothera rubrinervis en de dwergvorm of O. nanella werden door hem in een aantal exemplaren gekweekt, en gedurende al haar ontwikkelingstoestanden onderling en met de moedersoort vergeleken. Zij werden onderworpen aan het oordeel van stelselkundigen, die de waarde der kenmerken en de scherpe scheiding van de moedersoort erkenden, en aan de nieuwe vormen dezelfde rechten als aan andere zelfstandige typen toekenden. Door een aantal afbeeldingen werd verder het goed recht der nieuwe soorten gestaafd.

Het spreekt echter van zelf, dat het vermogen, om jaarlijks een zeker aantal nieuwe soorten voort te brengen, noch tot de Oenothera's, noch tot de planten der oude wereld kan beperkt zijn. Het ligt voor de hand aan te nemen, dat tegenwoordig ook andere soorten in dien zelfden toestand van veranderlijkheid verkeeren. Misschien zijn het er vele, misschien slechts enkele. In elk geval ontsnappen zij tot nu toe om een of andere reden aan de waarneming. Het komt er dus op aan, middelen te vinden ze op te sporen. Want de mogelijkheid bestaat natuurlijk, dat de Oenothera's nog slechts een zeer eenzijdig beeld van die soortenvormende veranderlijkheid geven, en dat andere planten ons verschijnselen en wetten zullen doen kennen, die de studie der Teunisbloemen ons niet ontsluieren kan. En wanneer het doel is, ten slotte de wetten dezer veranderlijkheid voor alle levende

wezens te leeren kennen, dan is het natuurlijk noodzakelijk, de verschijnselen van zoo verschillend mogelijke kanten aan te vatten.

De eerste taak is dus om te zoeken naar nieuwe muteerende soorten. Het beste doet men, dit zoeken te beperken tot de wilde soorten der naaste omgeving of van landen met een overeenkomstig klimaat. Gekweekte planten bieden voorloopig weinig kans. Ten deele is hare veranderlijkheid al zoo lang op de proef gesteld, dat men die vrij wel als uitgeput kan beschouwen. Anderdeels zijn zeer talrijke cultuurplanten niet meer van zuiveren oorsprong, maar zijn zij nu eens meer, dan weer minder, door kruisingen verontreinigd. Nu heeft men in den laatsten tijd in de kennis van de gevolgen der kruisingen wel groote vorderingen gemaakt, maar deze zijn juist groot genoeg om ons te waarschuwen, dat bastaardrassen nog allerlei verschijnselen vertoonen en vertoonen kunnen, die men thans nog niet begrijpt. Hoe licht zou men niet de zoogenaamde bastaard-splitsingen met het ontstaan van nieuwe soorten kunnen verwarren, als men een ras onderzoekt, waarvan men niet weet of het zuiver is, dan wel aan bastaardeering zijn oorsprong dankt. Wilde soorten kruisen nu in 't algemeen zeer zelden, vooral als men de enkele, aan bastaarden rijke en overbekende geslachten, zooals wilgen, anjelieren, vingerhoedskruid en eenige andere uitsluit.

Tot de planten van het eigen klimaat moet men zich beperken, omdat de zaaisels in het groot moeten geschieden. Duizenden en tienduizenden van zaailingen moeten van elke soort vergeleken worden. Dit kan bezwaarlijk in kassen geschieden, vooral omdat

de kenmerken der te verwachten nieuwe soorten misschien eerst op lateren leeftijd zichtbaar zullen worden, en de culturen dus veel ruimte zullen vereischen. Vele soorten zullen opgekweekt moeten worden tot zij gaan bloeien, en van soorten met zaadarme vruchten of met weinig vruchten op elke plant zal men slechts door vrij omvangrijke culturen het noodige zaad voor de uitzaaisels kunnen winnen.

Men kan de culturen beginnen met planten of met zaad. Het zal in den regel niet noodig zijn, die in het wild in groote hoeveelheid te verzamelen. Voldoende is het ze aanvankelijk in den tuin zooveel mogelijk te vermenigvuldigen.

Een belangrijke vraag is natuurlijk met hoeveel soorten men beginnen moet. Dit hangt natuurlijk van de kansen af die men meent te hebben. Hier nu tast men voorloopig nog in den blinde. De Oenothera Lamarckiana werd gevonden door een honderdtal wilde planten in cultuur te nemen. Daarvan werd de eene op grootere, en de andere natuurlijk op kleinere schaal gekweekt. Bij voorkeur werden zaden van afwijkende exemplaren genomen, maar het verzamelen van zaad in het wild is een werk dat slechts zelden meevalt, en dat daardoor de keus zeer sterk beperkt. Verder zijn boomen en heesters uitgesloten, en zal men bij voorkeur ook niet die overblijvende soorten kiezen, die telkens eenige jaren gekweekt moeten worden, voordat zij gaan bloeien. Zoodoende wordt allengs de keus zoo klein, dat men tevreden mag zijn, als men van een honderdtal bruikbare soorten zaden bijeen heeft gebracht. Heeft men dan ook van sommige soorten slechts enkele zaadkorrels, dan kan dit nog voldoende zijn, om de cultuur te beginnen.

Opmerking verdient vooral, dat de schoksgewijze veranderlijkheid niet een eigenschap is, die vermoedelijk aan bepaalde soorten kleeft, maar dat men aannemen mag, dat zij van geheel locaal voorkomen is. Een soort, die op de eene groeiplaats onveranderlijk is, kan op een andere misschien volop bezig zijn, nieuwe soorten voort te brengen. Daaruit volgt, dat men bijna evenveel kans heeft, als men zaden van twee of meer, onderling voldoend verwijderde groeiplaatsen van ééne soort bestudeert, als wanneer men een gelijk aantal verschillende soorten kweekt. Daaruit volgt tevens, dat men vooral niet de zaden van verschillende groeiplaatsen vermengen mag, maar dat elke cultuur zuiver van een enkele vondst moet uitgaan.

Het voornemen bestaat, dit zoeken op zoo groot mogelijke schaal aan te vangen. Hiertoe zijn reeds van een honderdtal wilde planten zaden verzameld en uitgezaaid. De meeste soorten zijn natuurlijk uit New York en de aangrenzende streken der Unie genomen, maar ook uit Europa werden zaden gezonden. In Nederland zijn zaden van een tiental soorten speciaal voor dit doel in het wild verzameld; zij kunnen dus reeds dezen zomer in den proeftuin van het laboratorium met de Amerikaansche concurreeren.

Welke kansen heeft men, om bij dit zoeken te vinden wat men wenscht? Om dit na te gaan moet men trachten zich een denkbeeld te maken van wat er in de vrije natuur gebeurt. En dan treffen wij allereerst den strijd voor het leven aan. Deze strijd, die in onze theorieën een zoo belangrijke rol speelt als het groote orgaan van den vooruitgang, heeft echter onder gewone omstandigheden, in onze onmiddellijke omge-

ving, slechts een zeer conservatieve taak. Want ten slotte komt het geheele begrip neer op den vroegtijdigen dood van alle individuen, die in een of ander opzicht zeer merkbaar van het gemiddelde type afwijken. De meeste planten toch hebben zich hun tegenwoordige groeiplaatsen zoo uitgekozen, dat de gemiddelde eigenschappen der soort, of anders van het locale ras, daarvoor het best passen. Afwijkingen kunnen natuurlijk onschadelijk, ja soms misschien voordeelig zijn, maar als regel volgt uit het zooeven vooropgestelde dat zij als nadeelig moeten worden beschouwd. Zij zullen dus in den strijd voor het leven te gronde gaan. En deze gevolgtrekking geldt natuurlijk even goed voor de afwijkingen, die telken jare door de gewone of fluctueerende variabiliteit ontstaan, als voor de zeldzamere schoksgewijze gevallen van het ontstaan van nieuwe soorten en variëteiten.

Tallooze afwijkingen kunnen dus ontstaan en in de eerste jeugd te gronde gaan, zonder dat men er ooit iets van bemerkt. Treft de schadelijke verandering de kiemplanten, of de bladeren, of den groei der stengels, zoo is de kans dat zij zichtbaar worden zoo goed als nul; treffen zij de bloemen of de vruchten, zoo worden zij licht met monstrositeiten verward en dan veelal niet nader bestudeerd. Zelfs wanneer een zelfde afwijking in een aantal van exemplaren en jaren achtereen op nieuw ontstaat, is haar kans om ontdekt te worden nog maar klein. Daarbij komt, dat onze gewoonten in de studie van wilde planten allengs zeer bepaalde zijn geworden. De invloed van Linné laat zich hier nog steeds sterk gevoelen. Voor de verschillen tusschen systematische soorten zijn wij zeer gevoelig, en elke nieuwe soort trekt terstond onze

aandacht. Voor geringere verschillen echter zijn wij veel minder gevoelig, ja in zekere mate onverschillig geworden, en deze worden dus allicht over het hoofd gezien.

Daaruit nu volgen twee regels voor het zoeken naar muteerende planten. Allereerst moet de strijd voor het leven worden uitgesloten, en dan moet men zich oefenen om ook zeer kleine en schijnbaar onbeteekenende verschillen op te merken.

Het uitsluiten van den strijd voor het bestaan omvat zelf weer twee punten. Het eene spreekt van zelf. De zaden moeten zoo ruim gezaaid worden, dat allen de volle gelegenheid wordt gegeven om te groeien en hun kenmerken te ontplooien. Dit eischt natuurlijk, bij duizende zaden, voor elke soort veel ruimte. Echter komt in vele gevallen de natuur zelve aan dit bezwaar voor een groot deel tegemoet. Als de verschilpunten in de kiemplanten of in de bladeren gelegen zijn, kan men dit na een paar maanden dikwijls reeds voldoende beoordeelen, zoodat men door het regelmatig uitrooien der onveranderde voortdurend plaats voor de nakiemers kan maken, en zoodoende op een zelfde bed achtereenvolgens groote aantallen van individuen kan vergelijken.

Het tweede punt ligt minder voor de hand. Het vindt zijn oorsprong in de vraag, of alle zaden van een plant, ten opzichte der variabiliteit, gelijkwaardig zijn. Tijdens den volsten bloei plegen de bloemen grooter en fraaier te zijn, dan in het najaar. Eveneens brengen de zwakkere takken op vele planten kleiner en minder diep gekleurde bloemen voort. Soms wijken ook de eerste bloemen af. De onderste bloemen van trossen, en de buitenste bloemen van hoofdjes en schermen

zijn dikwijls anders dan de daarop volgende, en het is een zeer gewoon verschijnsel dat de top of het centrum een geheel afwijkenden vorm van bloem voortbrengt. Op menige plant is b.v. de eindbloem viertallig als de zijbloemen vijftallig zijn. Hebben nu de zaden van al zulke bloemen gelijke kansen om toevallig iets nieuws voort te brengen? Men weet het natuurlijk nog niet, en zoolang men het niet weet, zou het zeer onvoorzichtig zijn alleen het beste zaad tot ontwikkeling te laten komen, te verzamelen en te zaaien, en het zwakkere te verwaarloozen. Want misschien zijn juist de zwakke kiemen gevoeliger voor de nog onbekende invloeden, die deze veranderingen bewerken.

In de vrije natuur worden die zwakke zaden grootendeels onderdrukt. Of wel de takken ontstaan niet, of zij dragen geen bloem, of het zaad wordt niet rijp, of eindelijk worden de kiemplanten verdrongen zoodra zij zich ontplooien. Daarom kan men in het wild slechts het zaad verzamelen dat voor het begin der cultuur noodig is, maar moet men in den proeftuin, bij wijden stand en rijke vertakking, elke plant zooveel mogelijk zaden laten maken. Daarom ook bieden soorten, die door het klimaat in haar groei vertraagd worden, over het algemeen minder kans van slagen.

Zijn deze voorzorgen genomen, dan komt de oefening in het waardeeren van kleine verschillen. Deze eisch heeft ten gevolge, dat men niet verwachten mag in een eersten zomer te kunnen beslissen of een ras muteert of niet. Aanvankelijk is de kans om de nieuwigheden over het hoofd te zien, zeer groot. Slechts allengs leert men zijne planten zoo kennen, dat men een open oog voor haar onderlinge afwijkingen krijgt.

Daarbij komt, dat de producten van de fluctueerende variabiliteit en van de mutatie niet gemakkelijk van elkander te onderscheiden zijn, ja dikwijls zóó ineen loopen, dat eerst in een volgende generatie een werkelijke beslissing kan worden genomen. Verder ontstaan er door parasieten, door allerlei insecten, door toevallige verwondingen en verschillende andere oorzaken soms belangrijke afwijkingen, die niets met de eigenlijke variabiliteit te maken hebben, en dan ook volstrekt niet erfelijk, ja zelfs in het individu niet eens blijvend zijn.

Min of meer op goed geluk af moet men dus alle individuen die eenige duidelijke afwijking vertoonen, beschouwen als de dragers van de kansen van slagen. Al de overige kan men allengs uitrooien, maar deze moet men met zorg behandelen. Dit eischt allereerst, dat zij van het gedrang, waarin zij natuurlijk staan, worden bevrijd, hetzij door rondom hen ruimte te maken, hetzij door ze te verplanten. Dit laatste heeft het voordeel, dat de hoofdcultuur er niet onder lijdt, en dat de planten zelven goed bemest en onder alle vereischte zorgen opgekweekt kunnen worden, zoodat een snelle en volledige ontplooiing van hun afwijkende kenmerken zoo goed mogelijk wordt verzekerd. Bij honderden zoekt men zulke exemplaren uit, want velen onder hen zullen natuurlijk later blijken, niet aan de verwachting te voldoen. Dit echter ziet men dan dikwijls eerst tijdens den bloei, en soms zelfs pas in de volgende generatie.

Het is duidelijk, dat dit zoeken naar mutatiën veel werk vereischt. Maar daarnaast blijkt, dat het, meer dan iets anders, een zaak is van oefening. Daarom moet het jaren lang worden voortgezet. Telken jare

moeten de culturen der reeds gekweekte soorten worden uitgebreid, en telken jare moeten nieuwe soorten in het wild worden verzameld. Zoo neemt allengs de kans toe, en zal men ten slotte ook tot een voorstelling kunnen komen van den omvang, dien het verschijnsel in de omgevende natuur feitelijk heeft.

Het werk zou in hooge mate vereenvoudigd kunnen worden, zoo men een leiddraad had, om uit de waarnemingen in de vrije natuur eenigszins af te leiden, welke soorten meer, en welke minder kans van slagen hebben. Het toeval, gesteund door oefening, kan natuurlijk zulke aanwijzingen aan de hand doen, en de Oenothera Lamarckiana vertoont, op haar oorspronkelijke vindplaats bij Hilversum, nagenoeg telken jare enkele afwijkende individuen, die aan den ingewijde terstond haar toestand van mutabiliteit zouden kunnen verraden. Dit schijnt hier, en eveneens in enkele andere gevallen, samen te hangen met de gelegenheid tot snelle uitbreiding, waardoor hier en daar zwakke zaden en zwakke kiemplanten aan den strijd voor het leven worden onttrokken, zoodat vormen zich ontplooien kunnen, die anders vroegtijdig te gronde zouden gaan.

Dergelijke waarnemingen zijn enkele malen meer gedaan. Zoo beschrijft Darwin een geval, dat hij bij een wilde kleinbloemige soort van Geranium (G. pyrenaicum) heeft gezien. Deze was ergens in Staffordshire van uit een tuin ontsnapt en had zich in den loop van eenige jaren verbazend sterk vermenigvuldigd, waarbij natuurlijk telken jare een groot aantal zaden moesten voortgebracht worden en ontkiemen. Daarbij was de soort sterk gaan varieeren, in bijna alle organen en eigenschappen en in de meest

verschillende richtingen. Een zoo sterke variabiliteit was vroeger bij deze soort nooit waargenomen, en het is dus zeer waarschijnlijk, dat zij, hoewel aanwezig, toch door het voortdurend mislukken van het overgroote aantal van zaden en kiemen eenvoudig was verborgen gebleven. Over de grens van de veranderlijkheid mag men dus bij geen plant een oordeel vellen, voordat zij onder een dergelijke snelle vermenigvuldiging van het aantal individuen is beoordeeld geworden.

Daar tegenover staat, dat snelle vermenigvuldiging volstrekt niet altijd met het vertoonen van zulk een hoogen graad van variabiliteit gepaard gaat. Zij is het middel, om haar te toonen als zij er is, maar niet de oorzaak die haar doet ontstaan. Dit ziet men bij ons te lande, als na het droog leggen van een polder bepaalde soorten snel den nieuwen grond overwoekeren, en hem soms met een dichten plantengroei bedekken, voordat de verschillende stukken in cultuur kunnen worden genomen. De Zilte of Aster Tripolium, verschillende soorten van melde en andere bekende gewassen zouden hier kunnen genoemd worden. Onder millioenen van exemplaren zoekt men tevergeefs naar afwijkingen. Een variëteit van de gewone kamille, gekenmerkt door het gemis van de witte lintbloemen, breidt zich sedert enkele tientallen van jaren op sommige plaatsen van Europa en Noord-Amerika geweldig snel uit, zonder dat daarbij iets van bizondere veranderlijkheid gebleken is. De Erigeron canadense, die in Europa uit Canada is ingevoerd, treedt soms op zandige gronden plotseling in millioenen van exemplaren op, de Diplotaxis teuifolia, een kruisbloem met fraaie groote gele bloemen, verspreidt zich talloos langs

sommige wegen, en zoo zouden een aantal andere voorbeelden kunnen worden aangehaald. Zij blijven even trouw aan hun type, als of zij slechts oude en kleine groeiplaatsen bewoonden.

Een belangrijk punt omtrent het zaaien van wilde planten verdient nog besproken te worden. Als men erwten zaait, verwacht men dat elke afzonderlijke erwt zal opkomen; als men zaad van tuinbloemen zaait, rekent men er op dat tenminste verreweg het grootste deel planten zal leveren. Bij wilde soorten is deze kans nu veel minder gunstig. Dikwijls kiemen op honderden zaden slechts eenige weinige. De overigen zijn dan niet dood, maar vinden niet de vereischten voor hun groei. Laat men ze in den grond, dan wachten zij een jaar, en in 't volgend voorjaar komt weer een deel op. Anderen wachten langer, en soms kan men na 5 tot 6 jaren de oude zaden nog zien kiemen. Hoe meer zorg men aan het uitzaaien besteed, des te meer zaden kiemen er van elke honderd, en er bestaat natuurlijk een kans dat juist de achterblijvenden de afwijkende vormen zullen voortbrengen. Daarom is het dikwijls beter, niet in den tuin te zaaien, maar in zaaischotels in goede tuinaarde in een goed verlichte kas. Men moet dan echter daarna de planten uitplanten, en dit vereischt veel werk, tenzij reeds in de schotels een keus gedaan kan worden.

Nemen wij thans aan, dat het door al deze zorgen gelukt is een of meer soorten te ontdekken, die hetzelfde verschijnsel van veranderlijkheid vertoonen als de Oenothera Lamarckiana. Wat moet er dan met die planten gedaan worden?

Allereerst moet worden nagegaan, welke nieuwe soorten zij voortbrengen, en welke eigenschappen deze

vertoonen. Die eigenschappen hebben deels betrekking op den vorm, en deels op de erfelijkheid. De vormen van twee soorten kan men echter niet volledig vergelijken zoolang men van een van beiden slechts een of slechts weinige exemplaren bezit. Dit kan natuurlijk wel, als er zeer groote verschillen in het spel zijn, zooals bij het onderscheiden en omschrijven van soorten die uit vroeger niet onderzochte landen en zeeën worden medegebracht. In ons geval echter hebben wij uit den aard van de zaak steeds met zeer kleine verschillen te doen, verschillen die dikwerf niet duidelijk buiten het gebied der gewone of fluctueerende variabiliteit vallen. Men moet dus van de afwijkende exemplaren zaad winnen en dit uitzaaien, teneinde een juist beeld en een volledige beschrijving van het gemiddelde type te kunnen geven. Daar men nu voor de studie der erfelijkheid toch ook zaaien moet, zoo is het noodig thans eenigen tijd bij deze werkzaamheden stil te staan.

Het is om de waardeering van kleine verschillen te doen. Daaruit volgt, dat twee exemplaren, die schijnbaar aan elkander gelijk zijn, toch in werkelijkheid nog kunnen verschillen, terwijl omgekeerd de fluctueerende variabiliteit verschillen kan doen waarnemen bij individuen, die eigenlijk tot eenzelfde type behooren. Deze overweging leidt tot de conclusie dat men de zaden van elk exemplaar afzonderlijk moet oogsten en afzonderlijk moet zaaien. Want alleen zóó kan men zeker zijn, zuivere rassen te verkrijgen. Elke variatie in een groep van kinderen van ouders, wier zaad gemengd werd uitgezaaid, kan het gevolg van die menging zijn. Zijn de kinderen eenvormig, dan is het bewijs natuurlijk van die voorzorgen onafhanke-

lijk, maar bij het minste verschil zou de vertrouwbaarheid der uitkomsten kunnen wegvallen. Een varieerend bed zou een mengsel kunnen zijn van twee verschillende constante rassen, of van een varieerend en een constant ras. Waren beide deelen variabel, dan zou nog die variabiliteit verschillend kunnen zijn, zoodat enkele der vormen van de eene, en andere van de andere moeder afstamden. Al zulke onzekerheden kunnen alleen door een individueele zaadoogst voorkomen worden, en deze moet dan ook bij wetenschappelijke studiën over erfelijkheid en variabiliteit als een eerste beginsel worden voorop gesteld.

Het moge in den aanvang een al te zware eisch schijnen, elk afwijkend individu op deze wijze op zijne erfelijkheid te onderzoeken. Heeft een proef eenmaal een gunstig gevolg, dan komen licht een 50 tot 60, soms misschien een honderdtal zulke planten voor. De ondervinding met de Teunisbloemen leert echter, dat het zeer goed uitvoerbaar is, op zulke groepen het beginsel toe te passen, en vooral leert zij, dat alle werk zonder dit beginsel zeer groote kans heeft verloren te zijn en tot geen betrouwbare uitkomst te leiden. Wanneer de planten eerst tijdens den bloei te onderscheiden zijn, drukken deze bezwaren natuurlijk met hun volle gewicht. Maar wanneer de verschillen reeds in de jeugd, b.v. 2 of 3 maanden na het zaaien zich vertoonen, dan kan men de planten in de zaaischotels of in de speenbakjes laten, tot deze toestand bereikt is, en zoodoende het werk zeer aanzienlijk verminderen. Bij volkomen erfelijkheid is het dan dikwijls voldoende op deze wijze in eenige honderden van zaailingen het nieuwe kenmerk waar te nemen, terwijl daarvan dan slechts zoovele behoeven te wor-

den uitgeplant, als toch noodig zijn, om een voldoende zaadoogst te verkrijgen. Zoo bestudeert men hun latere eigenschappen en zorgt er tevens voor, dat de contrôle nog een of meer generatiën kan worden voortgezet. Bij onvolkomen erfelijkheid kan men in de zaaischotels en speenbakken met groote nauwkeurigheid de getalsverhouding der afzonderlijke typen bepalen, terwijl men dan weer van elk type slechts een betrekkelijk klein aantal exemplaren als zaaddragers uitplant. Door middel van hun zaad kan men dan verder zien of deze typen op den duur even veranderlijk blijven, of dat sommigen onder hen weer standvastig worden.

Heeft men op deze wijze het verschijnsel der schoksgewijze veranderlijkheid zoo volledig mogelijk leeren kennen, dan treedt daarnaast de vraag naar de oorzaken op den voorgrond. Als regel zal men waarschijnlijk vinden, dat van een veranderlijke plant slechts enkele zaden nieuwe soorten geven, terwijl verreweg de meerderheid aan het ouderlijke type getrouw blijven. De vraag ontstaat dus, welke zaden afwijken, en waarom juist zij dit doen en niet de anderen.

De oorzaak daarvan kan deels gelegen zijn in de plaats van de zaden op de plant, deels in de uitwendige omstandigheden waaronder het zaad ontstond en bevrucht werd en waaronder de kiem in het zaad zich vormde. Die oorzaken moeten dus worden nagegaan, en daarbij moet natuurlijk niet alleen met de zaden, maar ook met het bevruchtende stuifmeel rekening worden gehouden. Om dit te doen is het in het algemeen wenschelijk, elke bloem met haar eigen stuifmeel te bevruchten. Daartoe worden de trossen of bloemgroepen omhuld met zakken van

gepreppareerd papier, die onder den tros rondom den tak worden dichtgebonden. Insekten kunnen dan de bloemen niet bezoeken, en dus geen stuifmeel van ongecontroleerde herkomst aanbrengen. Menige plant drukt zelf haar meeldraden tegen haar stempel, en zoo dit bevruchting geeft, behoeft zij natuurlijk verder geen hulp. Anders moeten de zakken van tijd tot tijd geopend worden, ten behoeve eener kunstmatige bestuiving. Sommige soorten geven alleen dan zaad, als twee individuen onderling worden bevrucht, en in dit geval krijgt men natuurlijk meer samengestelde bewerkingen.

Onder deze voorzorgen zal men nu allereerst de verschillende vruchten op een plant onderling moeten vergelijken. De zijtakken van verschillenden rang, de hoogere en lagere vruchten van een tros, kunnen misschien in verschillenden graad neiging tot muteeren hebben. Kon men hieromtrent een regel vinden, dan zou de geheele studie op dit gebied zeer vereenvoudigd kunnen worden, daar men dan voortaan bij het zoeken naar veranderlijke soorten, zich tot de keuze van bepaalde takken en bepaalde groepen van vruchten zou kunnen beperken.

In de tweede plaats zal men de levensomstandigheden vóór, tijdens, en na de bevruchting kunstmatig moeten wijzigen. Hebben krachtige individuen een grooter of wel een kleiner aantal afwijkende nakomelingen dan zwakke? Heeft de vruchtbaarheid van den bodem op dit verschijnsel een bevorderenden dan wel een belemmerenden invloed? Hoe gedragen zich de mest en hare afzonderlijke bestanddeelen? Is goede verlichting gunstig of ongunstig? Kan men door snoeien het voedsel zoo in bepaalde richtingen leiden,

dat zichtbare gevolgen ontstaan? Deze en al dergelijke vragen wijzen den weg, dien het onderzoek heeft in te slaan. Zij leeren tevens, dat de ontdekking van een of meer nieuwe veranderlijke soorten slechts als het uitgangspunt te beschouwen is, en dat zeer omvangrijke studiën vereischt zullen zijn, om van die uitgangspunten uit tot belangrijke ontdekkingen te geraken.

Maar langs dezen weg zal men toch ten slotte een macht over de planten verkrijgen, die allereerst ons in staat zal stellen, het aantal muteerende zaden belangrijk te vergrooten, en die het daarna mogelijk zal maken ook den omvang der mutabiliteit te verwijden. Nieuwe en onverwachte soorten zullen dan verschijnen, en wat men thans weet, zal blijken slechts een eerste begin te zijn van een wetenschap, die zoowel voor de theorie als voor de praktijk geheel nieuwe gezichtspunten zal openen.

Een alzijdige en zoo volledig mogelijke kennis van het geheele verschijnsel van het ontstaan van soorten en variëteiten is het doel, dat in de eerste jaren behoort te worden nagestreefd. De keus der onderzoekers, die met dit werk belast zijn, de inrichtingen en de middelen waarover het nieuwe laboratorium beschikt, wettigen de verwachting, dat ook hier de leer zal gelden: onvermoeide arbeid komt alles te boven. De methoden zijn duidelijk, en zoodra dus een bruikbaar materiaal gevonden zal zijn, moeten de wetten, die de verschijnselen beheerschen, aan het licht komen.

Om tot zulk een volledig inzicht te komen is echter nog een ander beginsel noodig. Dit is het boekhouden. Mutatiën komen onverwacht, en wat men dan van

haar weten wil, betreft minder haar zelven dan wel hare ouders en voorouders. Deze moet men elk afzonderlijk kennen, en een geheele stamboom moet ontworpen kunnen worden, zoodra zulk een nieuwe soort optreedt. Van de voorouders moet steeds een volledige beschrijving voorhanden zijn, al hunne kenmerken moeten met die van den nieuwen vorm nauwkeurig kunnen worden vergeleken. Maar dit is nog geenszins de hoofdzaak. Bovenal moet men ingelicht zijn, of zich kunnen inlichten omtrent hun erfelijkheidsverschijnselen. Zijn zij in elk jaar zuiver bevrucht, en zoo het stuifmeel van een andere plant herkomstig was, welke was deze, en welke was hare afstamming? Hebben onder de kinderen dier voorouders reeds vroeger mutatiën plaats gevonden, en zoo ja, hoe dikwijls en in welke richting?

Al deze zaken moeten nauwkeurig opgeteekend zijn, en daarenboven moet van iedere individueele plant zooveel zaad bewaard zijn, dat men den graad van zuiverheid van hare nakomelingschap zoo noodig nog door nieuwe proeven kan controleeren. Hiertoe moet iedere plant natuurlijk een nummer hebben, aangevende het jaar en het ras, het zaaisel en het individu, en haar zaad moet onder dit nummer worden bewaard. Goed droog bewaarde zaden blijven vele jaren kiembaar, en kunnen dus na langen tijd nog voor het onderzoek dienen, maar het bewaren van het zaad eischt natuurlijk bizondere inrichtingen en voorzorgen.

Op deze wijze moet nagenoeg de geheele familie van een muteerende plant bekend zijn, want eerst dan heeft men de gegevens in handen, om de verandering volledig te beoordeelen. Wenschelijk is het ook, dat de cultuurvoorwaarden, de invloeden van klimaat en

weder, zooveel mogelijk zijn opgeteekend, omdat uit de kennis daarvan àllicht vermoedens omtrent de oorzaak der mutatie kunnen worden afgeleid.

Elke proef moet eens een begin hebben. Men kan aanvangen met een plant of met een groepje planten, of met eenig zaad, dat men in 't wild verzameld heeft. Omtrent de daaraan voorafgaande geschiedenis van zulk een ras weet men in den regel niets. De kennis der wilde flora geeft in het algemeen enkele aanwijzingen omtrent standvastigheid of variabiliteit; eveneens kan men nagaan of men soms een bizondere elementaire soort als uitgangspunt heeft gekozen. Maar men zou ook toevallig een bastaardras in handen hebben kunnen krijgen, en zoo dit voldoende constant is, is er tegenwoordig nog geen middel om hieromtrent zekerheid te verwerven. Heeft men een vermoeden omtrent bepaalde ouders dan zou men de kruising kunnen herhalen; heeft men echter zulk een gissing niet, dan is het bezwaarlijk om de vraag te beantwoorden.

En daar men niet weet, waar en wanneer een mutatie zal ontstaan, is men wel gedwongen, om dit boekhouden op al zijn culturen en al zijn planten toe te passen, en voor allen al datgene op te teekenen, wat men in de enkele gunstig afloopende gevallen wenscht te weten. Hierdoor wordt het werk wel zeer omvangrijk en moeilijk, maar toch is het de eenige weg om met voldoende zekerheid vooruit te komen.

Met al deze studiën zal dan toch volstrekt nog niet alles bereikt zijn. Want wat men ten slotte wenscht te weten is niet hoe de soorten ontstaan, en van welke oorzaken dit afhangt, maar hoe men kunstmatig en willekeurig nieuwe soorten kan doen ontstaan. Zoolang

men dit niet weet, staat men tegenover alle soorten, die thans niet in een periode van onveranderlijkheid verkeeren, natuurlijk machteloos. Alles wijst er op, dat de groote meerderheid der soorten thans standvastig is, en dat slechts enkele veranderen. Die enkele veranderlijke kunnen ons wel als voorbeeld en als materiaal van studie dienen, maar daarom is het ten slotte toch niet te doen. Men moet trachten soorten, die thans reeds door bepaalde eigenschappen nuttig zijn, op andere punten zoo veranderlijk te maken, dat zij schadelijke trekken verliezen, of andere gunstige afwijkingen er bij krijgen. Eerst dan zal de wetenschap der mutabiliteit ten volle aan de belangen der menschheid dienstbaar gemaakt worden; eerst dan zal het doel van dit laboratorium in dit opzicht worden bereikt.

Wat er vereischt zal worden, om in die richting vooruit te komen, laat zich thans nog niet voorspellen. De bizondere gevallen, die men vinden zal, moeten het uitmaken. In zekeren zin zal het werk moeten samenvloeien met hetgeen ik zooeven geschetst heb, en misschien geeft de voltooiïng van het een van zelf de oplossing van het andere.

Veel, ja zeer veel is er nog te doen, en het arbeidsveld is bijna onafzienbaar. Maar van tijd tot tijd komt een gelukkige vondst of een invallende gedachte den weg bekorten, en daarom is er geen reden om aan een volledig slagen in niet al te langen tijd te wanhopen.

Hoofdzaak is, dat het werk worde aangevangen, dat men voor zichzelf het te bereiken doel nauwkeurig en zoo zorgvuldig mogelijk vaststelle, en dat alle middelen ten dienste staan, die voor die bereiking noodig zijn.

Daarom acht ik de stichting van dit laboratorium van het allerhoogste belang. Gedurende een halve eeuw heeft de afstammingsleer aller aandacht tot zich getrokken, en op het gebied van stelselleer, vergelijkende morphologie en vergelijkende ontleedkunde, vooral ook in de studie der ontwikkelingsgeschiedenis der afzonderlijke organismen, een krachtigen stoot tot snellen voortuitgang gegeven. De experimenteele wetenschap is daarbij achtergebleven. Nog steeds zoekt de physioloog zijn materiaal in de ervaringen van land- en tuinbouw. Thans is de tijd gekomen, dat die rijke, maar steeds min of meer vage en door twijfel omhulde bron door een andere worde vervangen. Het zuiver proefondervindelijke onderzoek, met een volledige kennis van alles wat voor een juiste beoordeeling der feiten noodig is, moet op den voorgrond treden. Zoo enkelvoudig mogelijk moeten de verschijnselen worden uitgekozen en zóó geleid, dat alle vragen kunnen worden beantwoord. Eerst dan zal de leer der erfelijkheid een wetenschap worden, die, ontdaan van al de poëtische beschouwingen waarin zij thans bevangen is, den waren aard van het leven in zuivere trekken aan ons openbaart. Eerst dan zal zij de grondslag worden voor die echte poëzie en die verhevene levensopvatting, die nu eenmaal alleen door een grondige studie der natuur kunnen worden bereikt.

Het Carnegie-Institution te Washington heeft heden een stoot gegeven in een richting, die niet nalaten kan spoedig in hare volle waarde erkend te worden. Dan zal zijn voorbeeld worden gevolgd, en zullen talrijke andere gelijksoortige inrichtingen worden

gesticht. Het is het voorrecht van Amerika op deze wijze te kunnen voorgaan en bakens te plaatsen op een gebied, waarop nog geen ander zich durft te wagen. Moge de uitkomst bewijzen, dat hier een weg is ingeslagen, die eenmaal een roem voor het land, en een zegen voor de geheele menschheid zal worden.

EINDE

No.	3.	Martelaren van Rusland, door Jules Michelet, vertaling van S. J. Bouberg Wilson.
„	4.	Steunpilaren der Maatschappij, door H. Ibsen, vertaling van F. Kapteyn, inleiding van L. Simons.
„	5 en 6.	Inleiding tot de Nieuwe Ned. Dichtkunst (1880—1900), door Albert Verwey, met aanhaling uit de voornaamste werken.
„	7.	Aladdin en de Wonderlamp (voor jongeren), door J. W. Gerhard, met 24 illustraties van Sidney H. Heath.
„	8	Ali Baba en de veertig Dieven (voor jongeren), door J. W. Gerhard, met 25 illustraties van H. Granville Fell.
„	9 en 10	Herinneringen van een Witten Olifant, door Judith Gautier, met platen van Mucha.
„	11 en 12.	De Waterkindertjes, van Charles Kingsley, bewerkt door M. v. Eeden—van Vloten, met 10 illustraties van G. v. d. Wall-Perné.
„	13.	Het Yellowstone Park, geysers en warme bronnen, en Experimenteele Evolutie, door Prof. Hugo de Vries, met 4 fototypiën naar foto's van Prof. Hovey van New-York.
No.	14.	De Geest van Japan, door Okakura—Yoshisaburo, met inleiding van George Meredith, uit het Engelsch door J. K. Rensburg.
„	15.	Een Kerstlied, van Charles Dickens uit het Engelsch door J. Kuylman.

No. 16. De Schelmenstreken van Scapin, door MOLIÈRE. Inleiding en vertaling van S. J. BOUBERG WILSON.

" 17 en 18. Getrouwd, door G. VAN HULZEN.

" 19. Het Gevloekte Kind (novelle), door HON. DE BALZAC, vertaald en met een inleiding voorzien door C. en M. SCHARTEN—ANTINK.